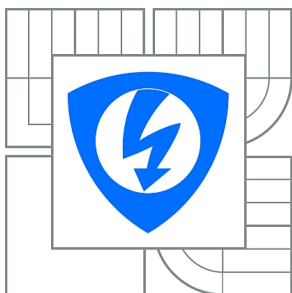




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

# SYSTÉM VČASNÉ VÝSTRAHY PŘED LOKÁLNÍ POVODNÍ

LOCAL FLOOD EARLY WARNING SYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. LUDĚK SVOBODA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. VÁCLAV RŮŽEK

BRNO 2012

## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce je návrh lokálního protipovodňového výstražného systému. Systém se skládá ze dvou základních typů jednotek. První jednotka je umístěna v terénu a pomocí čidel vyhodnocuje přítomnost vody v jinak suchém místě. V případě zatopení posílá varovnou zprávu pomocí bezdrátové technologie. Druhá jednotka varovné zprávy vyhodnocuje a informuje pověřenou osobu o vzniklé situaci pomocí sms zprávy. Venkovní zařízení je plně autonomní a trvale umístěné ve venkovním prostředí. Systém je navržen na bázi 8-bitových mikrokontrolérů. Mezi hlavní parametry zařízení patří nízká spotřeba, mechanická odolnost a spolehlivost.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Povodeň, výstražný systém, autonomní napájení, plovákový snímač, GSM modul, mikrokontrolér, solární článek.

## **ABSTRACT**

The aim of this Master's thesis is to design a local flood warning system. The system consists of two basic types of units. The first unit is placed in the field using sensors and evaluates the presence of water in an otherwise dry area. In the event of flooding sends a warning message using wireless technology. The second unit evaluates the warning messages and informs the person about the situation via text messaging. Outdoor equipment is fully autonomous and permanently placed in an outdoor environment. The system is designed based 8-bit microcontrollers. The main parameters include low power devices, mechanical durability and reliability.

## **KEYWORDS**

Flood, warning system, autonomous power, float sensor, GSM module, microcontroller, solar cell.

SVOBODA, L. *Systém včasné výstrahy před lokální povodní*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2012. 64 s., 21 s. příloh. Diplomová práce. Vedoucí práce: Ing. Václav Růžek.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Systém včasné výstrahy před lokální povodní jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne .....

.....

(podpis autora)

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Václavu Růžkovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne .....

.....

(podpis autora)

# Obsah

|  |    |
|--|----|
| Seznam obrázků.....  |    |
| Seznam tabulek.....  |    |
| Úvod.....  | 1  |
| 1 Průběh povodní.....                                      | 2  |
| 2 Klimatické změny na území ČR.....                        | 3  |
| 2.1 Změny teploty na území ČR.....                         | 3  |
| 2.2 Srážky nad územím ČR.....                              | 5  |
| 3 Hlásná a předpovědní služba v ČR.....                    | 7  |
| 3.1 Legislativa upravující ochranu před povodněmi.....     | 7  |
| 3.2 Hlásná povodňová služba.....                           | 7  |
| 3.3 Stupně povodňové aktivity.....                         | 8  |
| 3.4 Předpovědní povodňová služba.....                      | 9  |
| 3.5 Český hydrometeorologický ústav.....                   | 9  |
| 3.6 Státní podniky Povodí.....                             | 10 |
| 4 Lokální výstražné systémy před povodněmi.....            | 11 |
| 4.1 Základní podmínky návrhu LVS.....                      | 11 |
| 4.2 Návrh měrných bodů LVS.....                            | 11 |
| 4.3 Měřicí a vyhodnocovací jednotky LVS.....               | 12 |
| 5 Koncepce systému včasné výstrahy.....                    | 13 |
| 5.1 Modelová obec.....                                     | 14 |
| 5.2 Návrh varovné měřicí jednotky.....                     | 15 |
| 5.2.1 Blokové zapojení.....                                | 16 |
| 5.2.2 Popis chodu čidla.....                               | 16 |
| 5.2.3 Návrh konstrukce varovné jednotky.....               | 17 |
| 5.2.4 Návrh plovákového snímače.....                       | 18 |
| 5.3 Návrh řídicí centrální jednotky varovného systému..... | 19 |
| 5.3.1 Blokové zapojení centrální jednotky.....             | 19 |
| 5.3.2 Popis chodu centrální jednotky.....                  | 20 |
| 6 Realizace systému.....                                   | 21 |
| 6.1 Realizace blokových částí.....                         | 21 |

|  |           |
|--|-----------|
| 6.1.1 MCU – řídící mikrokontroler.....             | 21        |
| 6.1.2 GSM modul.....                               | 25        |
| 6.1.3 Napájecí zdroje.....                         | 32        |
| 6.1.4 LCD.....                                     | 34        |
| 6.1.5 USB.....                                     | 35        |
| 6.1.6 Plovákové snímače.....                       | 36        |
| 6.1.7 Solární článek a baterie.....                | 38        |
| 6.2 Realizace prototypu varovné jednotky.....      | 39        |
| 6.2.1 Obvodové zapojení varovné jednotky.....      | 39        |
| 6.2.2 Deska plošného spoje varovné jednotky.....   | 40        |
| 6.2.3 Konstrukční řešení varovné jednotky.....     | 40        |
| 6.3 Realizace prototypu centrální jednotky.....    | 41        |
| 6.3.1 Obvodové zapojení centrální jednotky.....    | 41        |
| 6.3.2 Deska plošného spoje centrální jednotky..... | 42        |
| 6.3.3 Konstrukční řešení centrální jednotky.....   | 42        |
| <b>7 Software.....</b>                             | <b>43</b> |
| 7.1.1 Řídící software varovné jednotky.....        | 43        |
| 7.1.2 Řídící software centrální jednotky.....      | 53        |
| <b>8 Závěr.....</b>                                | <b>59</b> |
| <b>Literatura.....</b>                             | <b>60</b> |
| <b>Seznam symbolů, veličin a zkratk.....</b>       | <b>62</b> |
| <b>Seznam příloh.....</b>                          | <b>64</b> |

# SEZNAM OBRÁZKŮ

|   |    |
|---|----|
| Obr. 2.1: Odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2009 na území ČR[3]..... | 3  |
| Obr. 2.2: Odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2010 na území ČR[3]..... | 4  |
| Obr. 2.3: Odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2011 na území ČR[3]..... | 4  |
| Obr. 2.4: Roční úhrn srážek v roce 2009[3].....                                   | 5  |
| Obr. 2.5: Roční úhrn srážek v roce 2010[3].....                                   | 5  |
| Obr. 2.6: Roční úhrn srážek v roce 2011[3].....                                   | 6  |
| Obr. 5.1: Znázornění modelové obce.....   | 14 |
| Obr. 5.2: Modelová obec s vyznačenými místy pro varovné jednotky.....             | 15 |
| Obr. 5.3: Blokové schéma navrhované měřicí jednotky.....                          | 16 |
| Obr. 5.4: Návrh konstrukce měřicí jednotky.....                                   | 17 |
| Obr. 5.5: Rozmístění varovné jednotky a její ochrany v toku.....                  | 18 |
| Obr. 5.6: Blokové schéma navrhované centrální jednotky.....                       | 20 |
| Obr. 6.1: Zapojení resetu mikroprocesoru.....                                     | 23 |
| Obr. 6.2: Struktura asynchronního rámce[13].....                                  | 24 |
| Obr. 6.3: In-System Programming rozhraní[5].....                                  | 24 |
| Obr. 6.4: BiProg programátor.....   | 25 |
| Obr. 6.5: GSM modul SIM900.....   | 26 |
| Obr. 6.6: Pokles napětí při vysílací špičce[14].....                              | 26 |
| Obr. 6.7: Tranzistorové zapojení pinu PWRKEY[14].....                             | 27 |
| Obr. 6.8: Časový průběh ovládání pinu PWRKEY[14].....                             | 28 |
| Obr. 6.9: Připojení SIM karty k GSM modulu[14].....                               | 28 |
| Obr. 6.10: Zapojení LED indikující stav připojení k síti[14].....                 | 29 |
| Obr. 6.11: GSM anténa[15].....  | 30 |
| Obr. 6.12: Vyzařovací diagram GSM antény[15].....                                 | 31 |
| Obr.6.13: Doporučené zapojení stabilizátoru MCP1801 výrobcem[11]<br>.....         | 32 |
| Obr.6.14: Doporučené zapojení stabilizátoru AS1363 výrobcem[16].....              | 33 |
| Obr. 6.15: Fotografie LCD RC1602B[18].....  | 34 |
| Obr. 6.16: Doporučené zapojení výrobcem obvodu FT232R[19].....                    | 36 |
| Obr. 6.17: Zapojení indikačních LED obvodu FT232R[19].....                        | 36 |

|   |    |
|---|----|
| Obr. 6.18: Plovákové čidlo.....                                   | 37 |
| Obr. 6.19: Zapojení plovákového čidla.....                        | 37 |
| Obr. 6.20: Fotografie solárního dobíječe.....                     | 39 |
| Obr. 6.21: Obvodové zapojení napájecí části varovné jednotky..... | 40 |
| Obr. 6.22: Zapojení klávesnice centrální jednotky.....            | 41 |
| Obr. 7.1: Vývojový diagram varovné jednotky.....                  | 43 |
| Obr. 7.2: Registr ADMUX[5].....                                   | 46 |
| Obr. 7.3: Registr ADCSRA[5].....                                  | 46 |
| Obr. 7.4: Registr EICRA[5].....                                   | 48 |
| Obr. 7.5: Registr EIMSK[5].....                                   | 48 |
| Obr. 7.6: Registr EIFR[5].....                                    | 48 |
| Obr. 7.7: Registr UDRn[5].....                                    | 49 |
| Obr. 7.8: Registr UCSRnA[5].....                                  | 49 |
| Obr. 7.9: Registr UCSRnB[5].....                                  | 49 |
| Obr. 7.10: Registr UCSRnC[5].....                                 | 50 |
| Obr. 7.11: Registr UBRRnL a UBRRnH[5].....                        | 50 |
| Obr. 7.12: Vývojový diagram centrální jednotky.....               | 54 |



# SEZNAM TABULEK

|   |    |
|---|----|
| Tab. 5.1: Tabulka hustot látek [4].....                           | 19 |
| Tab. 6.1: Tabulka parametrů mikroprocesoru ATmega644[5].....      | 22 |
| Tab. 6.2: Tabulka parametrů mikroprocesoru ATmega128[10].....     | 22 |
| Tab. 6.3: Tabulka parametrů modulu SIM900[14].....                | 25 |
| Tab. 6.4: Tabulka signálů SIM karty[14].....                      | 29 |
| Tab. 6.5: Tabulka stavu připojení k GSM síti[14].....             | 29 |
| Tab. 6.6: Tabulka parametrů GSM antény[15].....                   | 30 |
| Tab. 6.7: Tabulka parametrů stabilizátoru MCP1801[11].....        | 32 |
| Tab. 6.8: Tabulka parametrů stabilizátoru AS1363[16].....         | 33 |
| Tab. 6.9: Tabulka parametrů LCD RC1602B[17].....                  | 34 |
| Tab. 6.10: Tabulka parametrů převodníku FT232R[19].....           | 35 |
| Tab. 6.11: Tabulka technických parametrů plovákového snímače..... | 37 |
| Tab. 6.12: Tabulka technických parametrů.....                     | 38 |
| Tab. 6.13: Tabulka porovnání parametrů AA akumulátorů[21].....    | 38 |
| Tab. 7.1: Tabulka režimů spánku a zdrojů probuzení[5].....        | 44 |
| Tab. 7.2: Tabulka výstražných stavů.....                          | 52 |

# ÚVOD

Povodeň je jedním z mnoha přírodních živlů, se kterými se lidé snaží bojovat. V minulosti to bylo velmi problematické, ovšem dnes nám tento boj usnadňují moderní vyspělé technologie, ať používané při meteorologických předpovědích nebo při měření hladin vodních toků.

Přesto je vznik povodně stále vážná situace, které je nutné včas zabránit či omezit její dopad. I proto vznikl zákon č. 254/2001 Sb., tzn. „Vodní zákon“. Ten v §64 definuje povodeň jako „Přechodné výrazné zvýšení hladiny vodních toků nebo jiných povrchových vod, při kterém voda již zaplavuje území mimo koryto vodního toku a může způsobit škody. Povodní je i stav, kdy voda může způsobit škody tím, že z určitého území nemůže dočasně přirozeným způsobem odtékat nebo její odtok je nedostatečný, případně dochází k zaplavení území při soustředěném odtoku srážkových vod. Povodeň může být způsobena přírodními jevy, zejména táním, dešťovými srážkami nebo chodem ledů (přirozená povodeň), nebo jinými vlivy, zejména poruchou vodního díla, která může vést až k jeho havárii (protržení) nebo nouzovým řešením kritické situace na vodním díle (zvláštní povodeň)“.[7]

Dle odborné literatury a statistik počet povodní v posledních desetiletích narůstá. Povodeň je pro Českou republiku vzhledem k její poloze a fyzicky-geografickému rozložení nejzávažnější přírodní katastrofa.

V České republice vznikají následující typy povodní:

1. Letní typ povodní způsobený přivalovými dešti velké intenzity.
2. Letní typ povodní z několikadenních regionálních srážek.
3. Zimní a jarní povodně vyvolané táním sněhu, často v kombinaci s dešťovými srážkami.
4. Zimní a jarní typ ledových povodní způsobený ledovými jevy na tocích.[8]

Vhodným úvodem do řešení tohoto problému je studium specifik změn klimatu v posledních několika letech a zejména zaměření na častý výskyt lokálních povodní a na možnosti lokálně na tyto jevy upozornit. Cílem práce je návrh vhodné koncepce systému skládajícího se z několika jednotek schopných v případě zatopení vyslat včasnou výstrahu pomocí vybrané bezdrátové technologie. Při návrhu je nutné zohlednit autonomní napájení a trvalé umístění ve venkovním prostředí. Zařízení má být navrženo na bázi 8-bitového mikrokontroléru.

Po dokončení návrhu vhodné koncepce systému navazuje práce realizací HW systému. Důraz je kladen na nízkou spotřebu zařízení, také na mechanickou odolnost a spolehlivost.

Realizovaný HW je nutné vybavit řídicím softwarem. Závěrem práce je výroba funkčního vzorku systému a jeho praktické otestování.

# 1 PRŮBĚH POVODNÍ

Iniciace a průběh přirozených povodní v letní polovině roku (tzn. povodní způsobených srážkami) jsou vždy primárně určeny intenzitou, trváním a plošným rozložením srážek. Paralelně se uplatňují fyzicko-geografické charakteristiky území a činnost člověka v povodí, které průběh povodně významně ovlivňují, a to jak pozitivně, tak negativně. Např. srážka o určitém trvání a intenzitě vyvolá na povodí s větším sklonem rychlejší odezvu a větší kulminační průtok než v povodí s menším sklonem. Také nedostatečná kapacita mostů a propustků způsobí za povodně jejich ucpání, což nejprve zapříčiní vzduť hladiny a následně může po protržení vyvolat i průlomovou vlnu. Průběh povodně značně ovlivňují retenční schopnosti vodních děl.

Zatímco u regionálních povodní, ať již letního nebo zimního typu, je jejich průběh poměrně předvídatelný a díky poměrně husté síti vodoměrných profilů může být i dobře monitorován, u povodní z přívalových srážek tomu tak většinou nebývá. Hlavním důvodem je poměrně malá plocha (většinou v řádu jednotek až desítek km<sup>2</sup>), která bývá zasažena srážkami a průběh přívalových povodní (zejména jejich nástup) bývá velmi rychlý. Přívalová povodeň vzniká často na území ležícím mimo záplavové území větších vodních toků, kdy se povrchový odtok nejprve soustřeďuje do okolí lokálních malých vodotečí, po většinu roku suchých koryt, erozních rýh atd., a až poté se dostává do významnějších cest. Na územích s nízkou nebo s dostatečně sníženou infiltrační schopností dochází i k plošnému povrchovému odtoku.

Prudké rozvodnění lokálních toků (zvláště na svažitém území) je značně rizikové, protože odtoková odezva bývá velmi rychlá (řádově desítky minut) a rychlost proudící vody s prudkým vzestupem hladiny vody představuje vážné ohrožení životů i majetku lidí v zasažené oblasti. Příval vody často sebou nese i množství splaveného bahna, silných větví, někdy i komunálního a průmyslového odpadu z okolních pozemků, což může dále znásobit škody na majetku.

Monitoring těchto událostí pomocí srážkoměrných a vodoměrných pozorování je proto velmi omezený, a tak je často jediným zdrojem informací o pravděpodobném výskytu přívalových srážek na určitém území měření meteorologického radaru nebo vybudovaný lokální výstražný systém.

Častou příčinou povodní je trvajícím příliv teplé, vlhké a instabilní vzduchové hmoty na území, ve kterém dochází k vývoji místy i velmi silných bouřek s následkem přívalových povodní. Bouřkové celky často vytvářejí tzv. „train effect“, kdy jádra postupují organizovaně ve stejném směru a zasahují opakovaně totéž území. Dochází i k opakovanému výskytu bouřek s vydatnými srážkami na stejném území několik dní po sobě, což způsobí nasycení území a negativní ovlivnění velikosti odtoku během přívalových povodní.[1]

## 2 KLIMATICKÉ ZMĚNY NA ÚZEMÍ ČR

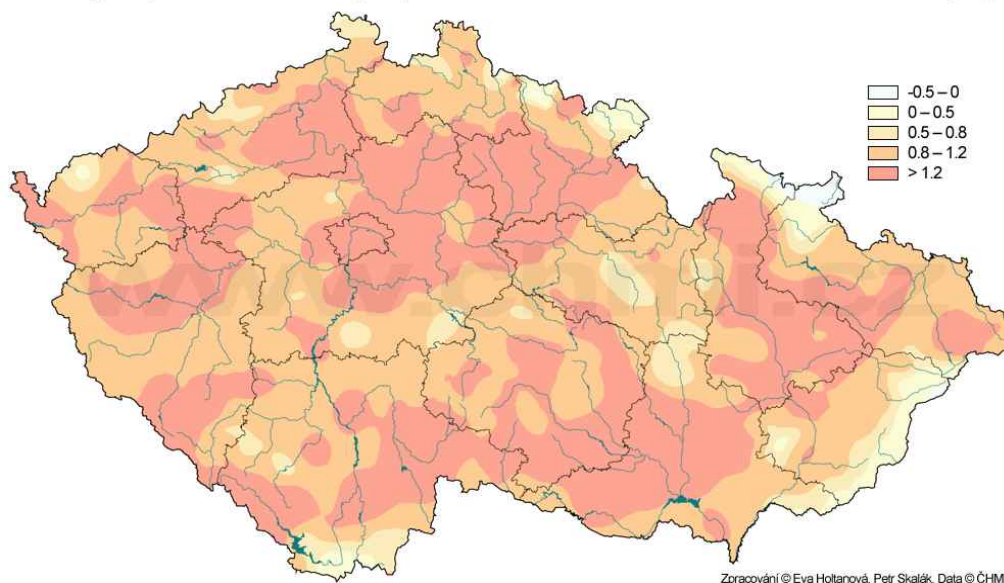
Výskyt meteorologických a klimatologických extrémů je výsledkem přirozené variability zemské atmosféry. V ní se pod vlivem různých přírodních a antropogenních faktorů odehrává řada složitých a vzájemně se ovlivňujících fyzikálních a chemických procesů, které v interakci s aktivním povrchem mohou vést k výskytu extrémních stavů různého plošného rozsahu a trvání. Zatímco v přírodě jsou takovéto extrémy včetně jejich účinků součástí jejich přirozeného vývoje, v kulturní krajině způsobují při stále složitější infrastruktuře lidské společnosti mnohdy velké materiální škody i ztráty na lidských životech.

V podmínkách ČR lze za nejvýznamnější meteorologické extrémy považovat zejména teplé a studené vlny, časně a pozdní mrazy, extrémně vydatné srážky a sucha, námrazu, ledovku a náledí, velké množství sněhu, vichřice a konvektivní jevy (silné bouřky, blesky, krupobití). [2]

### 2.1 Změny teploty na území ČR

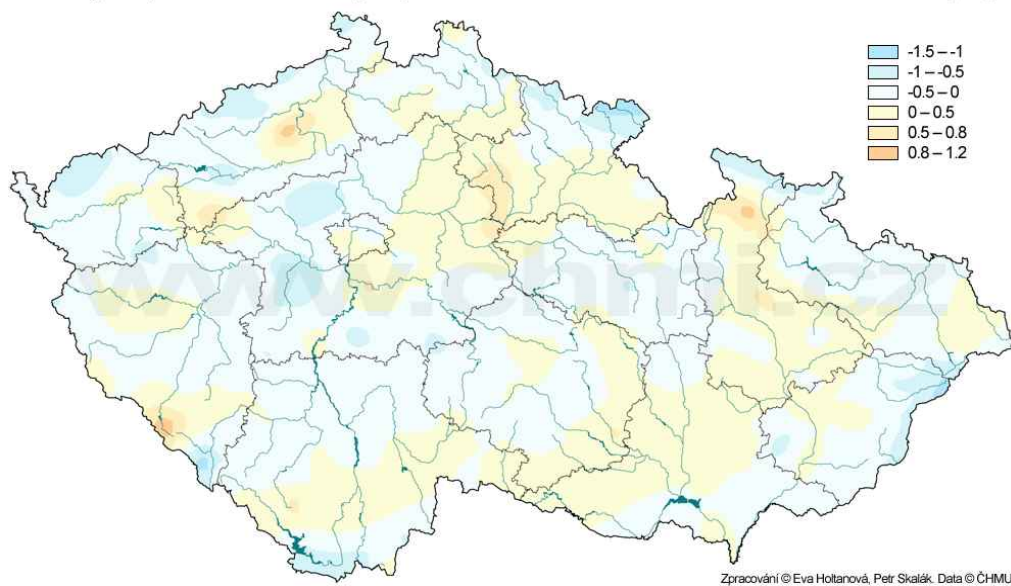
Za jeden z meteorologických extrémů posledních let lze považovat změnu průměrné teploty. Na následujících třech obrázcích je vidět vývoj teploty na území ČR v letech 2009, 2010, 2011 v porovnání s průměrnou teplotou za období od roku 1961 do 1990. Obrázky mají jen informační charakter o rozsahu teplotních změn na území ČR.

Odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2009 od normálu 1961-1990 [°C]



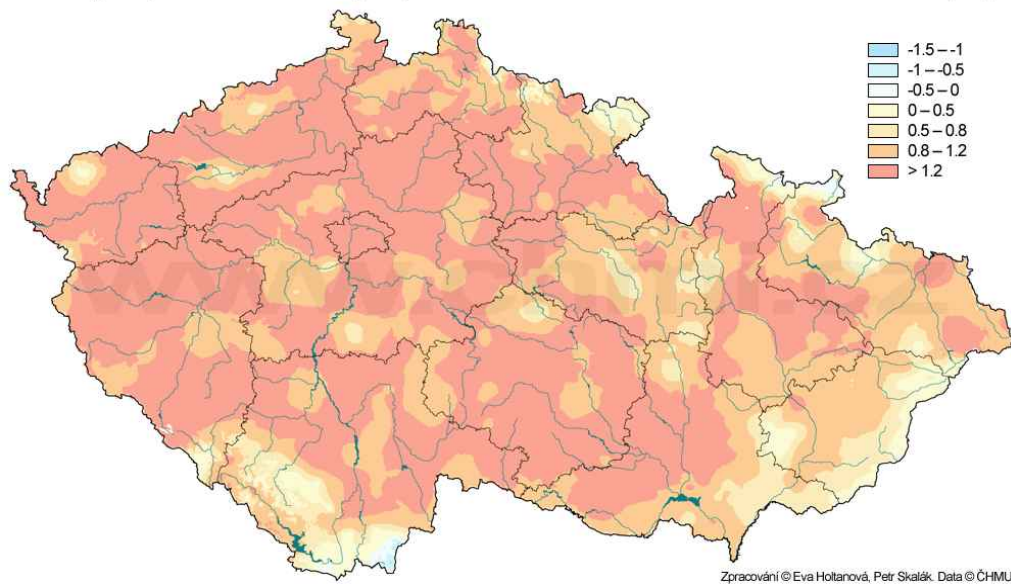
Obr. 2.1: Odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2009 na území ČR[3]

Odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2010 od normálu 1961-1990 [°C]



Obr. 2.2: Odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2010 na území ČR[3]

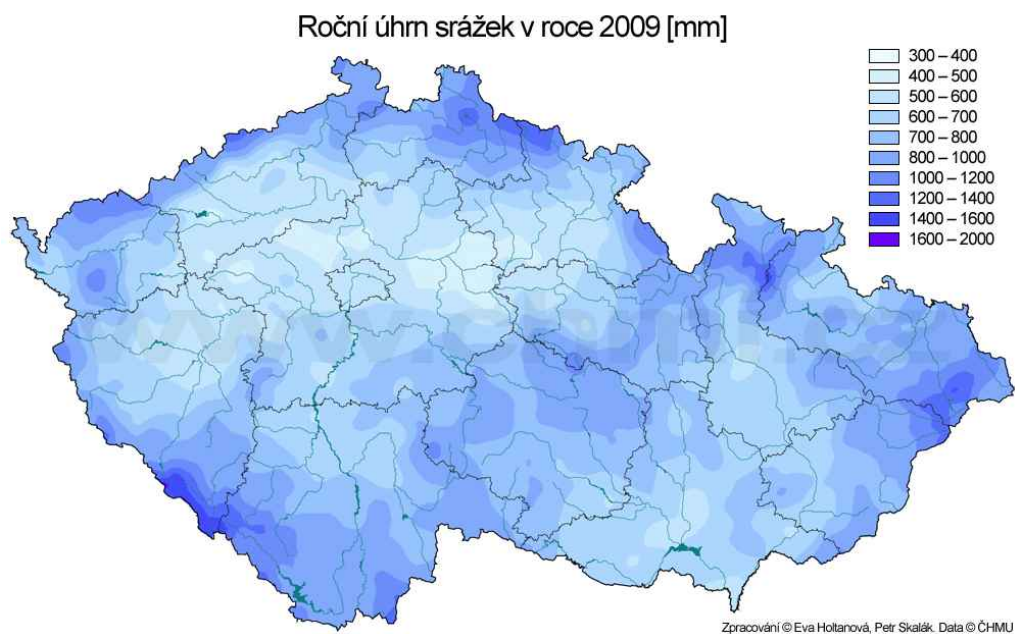
Odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2011 od normálu 1961-1990 [°C]



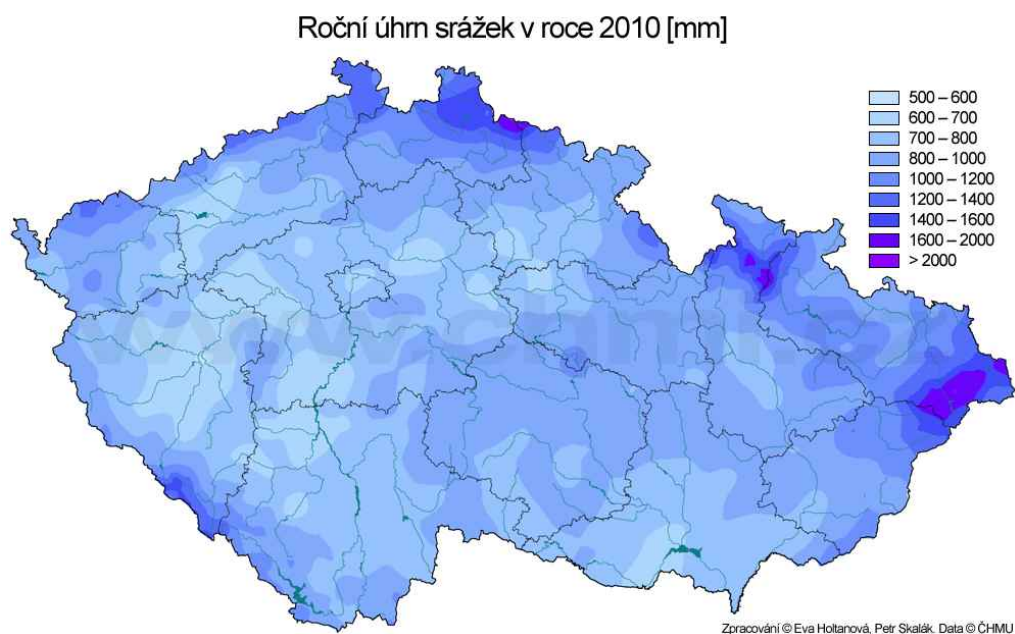
Obr. 2.3: Odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2011 na území ČR[3]

## 2.2 Srážky nad územím ČR

Velký vliv na vznik povodní má i velikost srážek pro dané území. Na následujících obrázcích jsou zachyceny průměrné srážky za rok 2009, 2010, 2011 na území ČR. Celkový úhrn srážek v roce 2011 je 627 mm. [3]

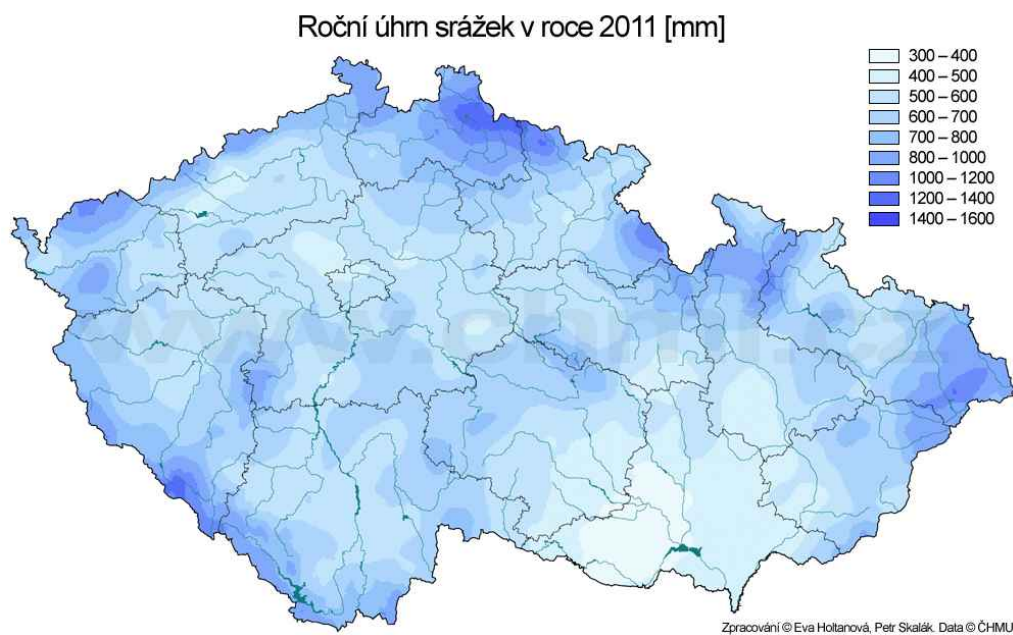


Obr. 2.4: Roční úhrn srážek v roce 2009[3]



Obr. 2.5: Roční úhrn srážek v roce 2010[3]





Obr. 2.6: Roční úhrn srážek v roce 2011[3]

## **3 HLÁSNÁ A PŘEDPOVĚDNÍ SLUŽBA V ČR**

Efektivní protipovodňová opatření závisí na včasném informování povodňových orgánů o vzniku povodní, jejich průběhu a vývoji. Proto důležitou součástí možných aktivit pro zmírnění nebo předcházení škod způsobených povodní je činnost hlásné a předpovědní služby.

### **3.1 Legislativa upravující ochranu před povodněmi**

Ochrany před povodněmi v České republice jsou uvedeny ve vodním zákoně a v navazujících předpisech :

- Zákon č.254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).
- Zákon č.305/2000 Sb., o povodích.
- Vyhláška 471/2001, o technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly.
- Vyhláška 195/2002 o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl.
- Vyhláška 236/2002, o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby (Věstník MŽP č. 9/05).
- Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP pro zpracování plánu ochrany území pod vodním dílem před zvláštní povodní (Věstník MŽP č. 9/05).[9]

### **3.2 Hlásná povodňová služba**

Zajištění informací k varování obyvatelstva a k řízení opatření k ochraně před povodněmi má za úkol pro povodňové orgány hlásná povodňová služba. Tuto službu zajišťují povodňové orgány. Podílí se na ní také ostatní celky ochrany před povodněmi. V případě potřeby organizují povodňové orgány obcí hlídkovou službu pro zabezpečení hlásné povodňové služby. Podrobnosti této služby upravují povodňové plány.

Systém HPS je decentralizovaný, založený na aktivitách všech celků ochrany a přizpůsobený místním podmínkám. Systém HPS je v návaznostech propojen s povodňovými plány:

- stanovení hlásných profilů a stupňů povodňové aktivity,
- zabezpečení pozorování hlásných profilů a předávání hlášení,
- opatření prováděná při dosažení nebo vyhlášení stupňů povodňové aktivity.[9]



Systém HPS rozlišuje dva hlavní toky informací.

*Když informace putují shora dolů.* Postupují tedy od pracovišť předpovědní povodňové služby ČHMÚ nebo od vodohospodářských dispečinků Povodí k systému krizového řízení. Dále pokračují přes jednotlivé stupně povodňových orgánů až k obyvatelstvu. Informace se průběhem více konkretizují místním podmínkám a povodňovým plánům.

*Když informace putují zdola nahoru.* Informace dodávají provozovatelé hlásných profilů, hlídkové služby až k povodňovým orgánům obcí. Dále orgánům obcí s rozšířenou pravomocí, krajů, ucelených povodí a ústřednímu povodňovému orgánu. Ten slouží pro vyhodnocení průběhu povodní a řídí prováděná opatření.[9]

Další podrobnosti k zabezpečení činnosti HPPS upravuje Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí. Dle tohoto metodického pokynu byly stanoveny hlásné profily a limity pro stupně povodňové aktivity. Hlásné profily jsou děleny do tří kategorií:

- *základní hlásné profily – kategorie A*, provozovatel je ČHMÚ, Povodí
- *doplňkové hlásné profily – kategorie B*, zřizovatel krajský úřad, provozovatel místní obce
- *pomocné hlásné profily – kategorie C*, účelový provozovatel obec nebo vlastník nemovitosti, která je povodní ohrožena.[9]

Celostátní systém hlásné služby tvoří profily z kategorie A a B. Profil C a profil B mohou tvořit místní varovný systém lokálního významu. Hlásných profilů z kategorie A je na našich vodních tocích právě 210.

### 3.3 Stupně povodňové aktivity

Prováděná opatření na ochranu před povodní jsou stanovena dle míry povodňového nebezpečí. Tato míra je rozdělena do třech stupňů povodňové aktivity:

**1. stupeň – bdělost** – nastává při nebezpečí přirozené povodně. Zaniká spolu s příčinami takového nebezpečí. Při 1.SPA je nutné dbát zvýšené pozornosti vodnímu toku i jiným zdrojům nebezpečí.

**2. stupeň – pohotovost** – když se nebezpečí povodně změní na povodeň, vyhláší tento stupeň příslušný povodňový orgán. Při 2.SPA je průběh povodně pečlivě sledován, jsou aktivovány všechny složky povodňových služeb a do pohotovosti se uvádějí prostředky pro zabezpečovací práce.

**3. stupeň – ohrožení** – tento stupeň je vyhlášen povodňovým orgánem v době povodně při bezprostředním nebezpečí nebo při vzniku velkých škod, ohrožení majetku a životů v postiženém území. Při 3.SPA jsou prováděny zabezpečovací práce a také v případě potřeby záchranné práce.[9]

Stupně povodňové aktivity jsou vyhlášovány dle dosažených limitů vodních stavů,

průtoků v hlásných profilech. Limity jednotlivých stupňů povodňové aktivity jsou obsaženy v povodňovém plánu.[9]

### 3.4 Předpovědní povodňová služba

Tato služba je zabezpečována Českým hydrometeorologickým ústavem podle § 73 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách ve spolupráci se správci vodohospodářsky významných toků. V ČHMÚ pracují na PPS úseky meteorologie, hydrologie a regionální pobočky ústavu. ČHMÚ má jedno centrální předpovědní pracoviště a 6 regionálních předpovědních pracovišť.

Hlavní náplní práce PPS je informování povodňových orgánů a ostatních složek povodňové ochrany o případném nebezpečí vzniku povodně a jejím vývoji. Při předpovědi extrémních meteorologických nebo hydrologických jevů vydají předpovědní pracoviště výstrahy HPPS. V průběhu povodní pak už vydávají informační zprávy HPPS o jejím vývoji. [9]

### 3.5 Český hydrometeorologický ústav

Vykonává funkci ústředního státního ústavu pro obory meteorologie, klimatologie, hydrologie, jakost vody a čistota ovzduší. Ústav zabezpečuje činnost státní monitorovací a pozorovací sítě. Pořízená data z těchto sítí odborně zpracovává. Dále se také zabývá provozem databáze stavu atmosféry a hydrosféry. ČHMÚ ve spolupráci s povodím se podílí na činnosti PPS a HPS.

ČHMÚ na tocích po celé České republice provozuje 510 vodoměrných stanic. Většina stanic je provozována od třicátých let 20. století, nejstarší stanice byly provozovány již v 19. století. Průběhem let jsou stanice modernizovány, a tak je dnes přes 90% již automatizováno a skoro 350 stanic umožňuje GPRS přenos dat. Tyto stanice mají okamžitou odezvu na stavy sledovaných toků a poskytují tak operativní informace. Proto jsou automatizované stanice použity hlavně na hlásných profilech kategorie A a B.

ČHMÚ provozuje kromě vodoměrných stanic také stanice srážkoměrné. Tyto stanice jsou provozovány v meteorologických pozorovacích sítích a jejich počet je zhruba 730. Z tohoto počtu je 260 automatizovaných stanic s přenosem GPRS. Systém přenáší srážky v 10 minutových intervalech. Ostatní stanice jsou pozorovány jednou denně dobrovolnými pozorovateli.

Předpovědní povodňová služba ČHMÚ obsahuje také výstražnou službu. Tu zahrnuje tzv. *Systém integrované výstražné služby*. Tato služba vydává výstražné informace pro všechny druhy nebezpečných meteorologických a hydrologických jevů. Tedy povodně, ale i extrémní teploty, vítr, sněhové jevy a námrazy, bouřky a dešťové srážky. Výstražné informace jsou dvojího druhu:

- **předpovědní výstražná informace** – vydávají se při možném výskytu nebo při trvání nebezpečného jevu. Nebezpečné jevy se rozlišují na:

- žádné nebezpečí
- nízký stupeň nebezpečí
- vysoký stupeň nebezpečí
- extrémní stupeň nebezpečí
- informace o výskytu nebezpečných jevů – vydávána podle výskytu meteorologických jevů s extrémním stupněm nebezpečí.

Na systém integrované výstražné služby navazuje předpovědní služba *Hydrologické informační zprávy*. Ty doplňují, upřesňují, rozšiřují výstražné informace.

Všechny předpovědní povodňové služby jsou prezentovány na webu ČHMÚ.[8]

### 3.6 Státní podniky Povodí

Státní podniky Povodí jsou instituce zabezpečující provoz a péči o velké vodní toky a vodní díla. Dále z pozice správce povodí mají důležité úkoly vyplývající z vodního zákona. Podniky Povodí jsou součástí HPS. Řízení provozu nádrží a dalších vodních děl zajišťují pro podniky povodí vodohospodářské dispečinky. Tyto dispečinky provozují vlastní měřicí síť vodoměrných a srážkoměrných stanic, všechny stanice jsou automatizované. Údaje z těchto stanic slouží k řízení provozu soustav vodních děl a jiných provozních činností.[8]

## **4 LOKÁLNÍ VÝSTRAŽNÉ SYSTÉMY PŘED POVODNĚMI**

V roce 1997 postihla Moravu ničivá povodeň. Reakcí na tuto událost byl začátek budování a provozování lokálních výstražných systémů. První lokální výstražný systém byl dokončen v roce 1998 v Šumperku. V roce 2001 uvedl i ČHMÚ vzorový projekt lokálního výstražného systému v obci Olešnice v Orlických horách.

Významnou roli v rozvoji a budování lokálních systémů znamenal vznik Operačního programu Životního prostředí, oblasti podpory 1.3. Omezování rizika povodní. Tento program má za úkol přípravu projektu řešících budování výstražných systémů pro daná území, budování sítí varovných a ohlasných prvků.

Vhodně navržený LVS musí reagovat na místní požadavky povodňových orgánů. Musí být dlouhodobě spolehlivý a mít přiměřené náklady na provoz.[8]

### **4.1 Základní podmínky návrhu LVS**

Návrh LVS je sestaven na základě vzniklých požadavků dle lokality instalace. Je nutné zohlednění podmínek přírodních, ale i podmínek ovlivněných člověkem.

- geografická a hydrologická charakteristika zájmového území
- výskyt typů povodní v zájmovém území
- kritická místa v ochraně před povodněmi
- hlásní profily kategorie A, B
- ostatní provozovatelé LVS
- zkušenosti místních obyvatel[8]

### **4.2 Návrh měrných bodů LVS**

Základní myšlenka LVS je včasné upozornění na hrozící nebezpečí pro místní území. V povodích menších než 200km<sup>2</sup> lze včasnou varovnou informaci zajistit ve většině případů na základě spadlých srážek. Během bouřek dochází k nezanedbatelným škodám i mimo koryta toků. Důvodem je plošný odtok srážek. Srážkoměry jsou instalovány rovnoměrně v povodí a spolupracují s vodoměrnými stanicemi porovnáním srážkové odezvy. Vodoměrné stanice se umísťují proti proudu toku před obcí, aby bylo dosaženo včasného varování před zvednutím hladiny v obci.

Místo instalace srážkoměru a vodoměrné stanice musí být přizpůsobeno místním

podmínkám. Stanice nejde vždy umístit rovnoměrně dle plánu. Nevhodná místa instalace pro srážkoměry jsou např. hustě zalesněná území, území nepřístupná pro údržbu. Vodoměrné stanice se umísťují zase na zpevněná místa toků, jako jsou nábrežní zdi, pilíře mostů.

Nesprávné rozmístění měrných bodů pro malá povodí jsou body zvolené přímo v chráněné obci. Srážkoměry a vodoměrné stanice tak reagují až na vzniklou situaci přímo v obci a značně se tímto krátí doba včasného varování před povodní.

Pro povodí s plochou nad 200 km<sup>2</sup> mají hlavní význam spíše vodoměrné stanice. Stanice se opět umísťují proti proudu toku před chráněnou obcí. Minimální doporučená vzdálenost stanic od obcí je přibližně 5 km. V tomto případě můžeme varovnou informaci očekávat přibližně 1-2 hodiny před vznikem povodně v obci.

Počet měrných bodů nejde obecně stanovit pro hladinová měření. Nejvíce záleží na hydrologickém charakteru povodí a toku.[8]

### **4.3 Měřicí a vyhodnocovací jednotky LVS**

Úkolem měřících a vyhodnocovacích jednotek LVS je sběr dat a jejich základní vyhodnocení. Tyto jednotky dělíme do tří základních skupin:

#### **Hlásiče překročení limitní hodnoty hladiny**

Měřicí jednotka zašle v případě překročení limitu varovnou informaci do přijímacího pracoviště. K přenosu informací jsou nejčastěji používány rádiové sítě MIS. Informace obsahuje pouze překročení limitní hladiny. Průběh hladiny tato jednotka nezná. Tyto jednotky není doporučeno používat k ochraně před povodněmi.

#### **Hlásiče měřené hodnoty hladiny**

Přijímací pracoviště dostává v pravidelných intervalech data o stavu hladiny. Z tohoto pracoviště jsou data přeposílána pomocí internetové sítě poskytovateli vizualizačních map měřených dat.

#### **Měřicí záznamová a vyhodnocovací stanice s přenosovým modulem**

Měřicí a vyhodnocovací stanice sami zabezpečují sběr dat od připojených čidel. Naměřená data vyhodnotí a uloží v jednotce. Pomocí přenosového modulu odesílá varovné sms. Tyto systémy provádí mnoho operací autonomně bez nutnosti obsluhy. Nejen proto jsou nejrozšířenějšími používanými systémy. Jejich orientační pořizovací cena je 35000 – 50000 Kč.[8]

## 5 KONCEPCE SYSTÉMU VČASNÉ VÝSTRAHY

K předpovědi možných povodní se využívá různých vodoměrných systémů, srážkoměrů a meteorologických modelů. Většina varovných systémů se skládá ze souboru čidel pro kontinuální měření výšky hladiny nebo měření průtoku. Tyto systémy jsou rozmístěny na daných místech povodí významných toků s kombinací se srážkoměrnými stanicemi. Síť těchto stanic je již poměrně hustá a tak jsou obce v okolí velkých toků chráněny. V posledních letech se mnoho obcí snaží ještě více chránit budováním vlastních lokálních systémů, ale pořizovací náklady jsou velmi vysoké. Tyto systémy jsou také založeny na měření výšky hladiny, zaznamenávání průběhu změn výšky hladiny, průtoku atd. Jejich nevýhodou je v některých případech nezbytnost přívodu elektrické sítě.

Většina dnes používaných systému je tedy zaměřena na místa s trvalým výskytem vody. Mezerou v ochraně před povodněmi tak zůstávají místa postižená letním typem povodní z několikadenních regionálních srážek. Takto zasažená obec, která je mimo záplavovou zónu velkých toků, kde ji chrání srážkoměrné a vodoměrné stanice, nemá možnost ochrany či varování.

Návrh systému včasné výstrahy je tudíž zaměřen na ochranu před povodněmi způsobenými regionálními srážkami, kdy se odtok povrchových vod soustřeďuje do po většinu roku suchých koryt, erozních rýh atd., Na těchto územích s nízkou nebo s dostatečně sníženou infiltrační schopností dochází k plošnému povrchovému odtoku, který pak může způsobit velké škody.

Zaměření použití systému sebou přináší následující podmínky pro navrhovaný systém:

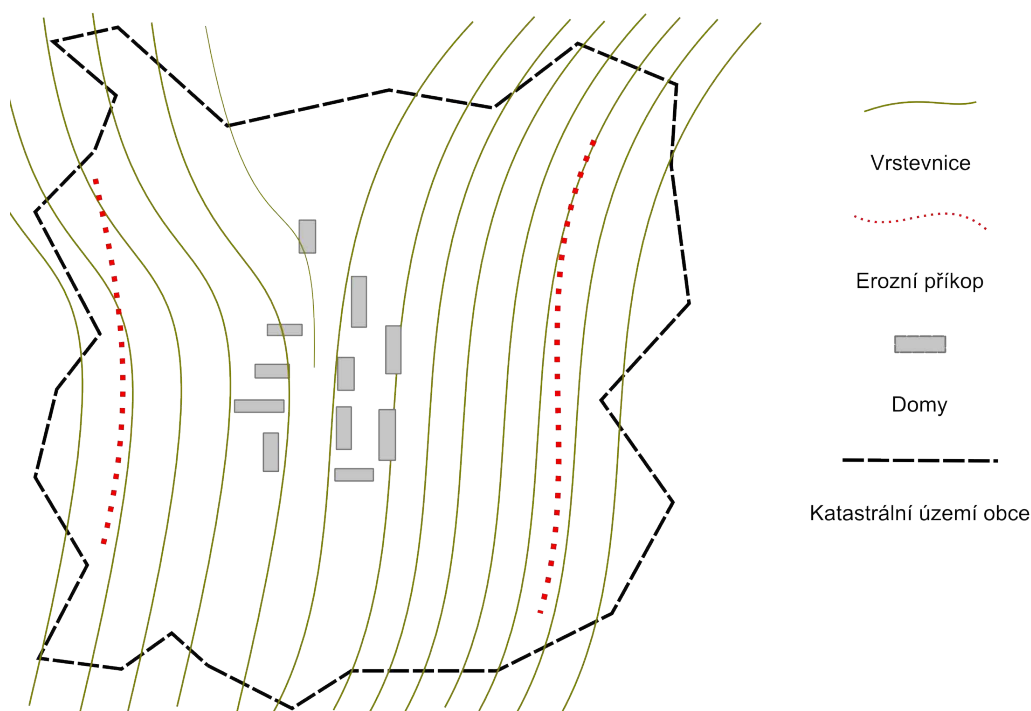
- autonomní napájení
- jednoduchá konstrukce
- variabilita systému pro různá místa
- bezdrátová komunikace
- odolnost klimatickým podmínkám

Protože je systém navrhován pro lokální ochranu, je tedy jeho operační rozsah vymezen např. katastrálním územím obce či města. Aby bylo dosaženo účinného varování před možným nebezpečím, nelze se spoléhat pouze na jedno měřicí zařízení. Návrh systému tedy uvažuje několik měřících jednotek, které budou komunikovat s centrální jednotkou.

## 5.1 Modelová obec

Pro jednoduchost a přehlednost se uvádí model obce, která bude chráněna navrhovaným systémem. Na obrázku 5.1 je znázorněno rozložení obce na jejím území.

Modelová obec se skládá z několika domů značených šedými obdélníky. Domy jsou rozmístěny náhodně v údolí. Přibližný profil okolního terénu je vyznačen vrstevnicemi. Takovýto profil sebou přináší vysoké riziko povrchového odtoku přívalových srážek. V okolí je předpoklad různého osetí půdy. Červenou barvou je označena přirozená zádržná linie tvořená například erozním příkopem, polní cestou. V této linii je předpoklad nepravidelného výskytu vody.

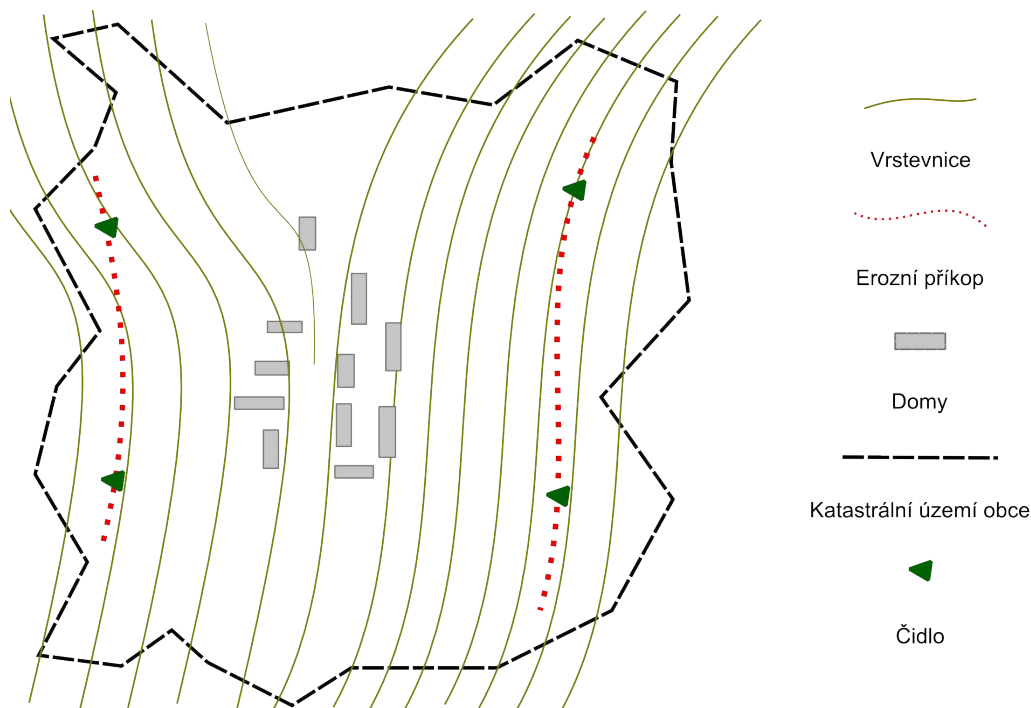


Obr. 5.1: Znázornění modelové obce.

Na obrázku 5.2 jsou vyznačeny místa pro možné umístění navrhovaného systému (zelené značky). Místa jsou vybrána dle výškových proporcí terénu, již přirozeně vytvořeného erozního příkopu. Umístění čidel závisí na místních podmínkách. S výběrem vhodných míst můžou značně pomoci sami občané jejich zkušenostmi.

Zelenými trojúhelníky jsou vyznačena čtyři místa pro umístění varovných měřících jednotek. Jsou nejnížší body obou zádržných linií.

V případě výskytu definovaného množství vody na daných měřících místech je nutné, aby jednotka poslala zprávu do centrální jednotky, která na základě obslužného programu informuje příslušné osoby či organizace.



Obr. 5.2: Modelová obec s vyznačenými místy pro varovné jednotky.

## 5.2 Návrh varovné měřicí jednotky

Varovná jednotka musí být přizpůsobena venkovním podmínkám celoročního chodu. Tyto podmínky lze splnit vhodným výběrem součástek pro realizaci hardwaru jednotky dle výrobcem uvedených parametrů.

Měřicí jednotka musí být schopna fungovat bez externího napájení, tedy autonomně. Pro dostatečný přísun energie s předpokladem nízké spotřeby je navrženo použití baterie. Aby nedocházelo k vybíjení a nutnosti měnit baterii, bude vhodné použití dobíjecího solárního článku.

Měřicí jednotka musí bezdrátově komunikovat s centrální jednotkou. K této činnosti se zdá být vhodným řešením použití komerčního GSM modulu. GSM síť je již vytvořená a její pokrytí je dnes již na velmi dobré úrovni, proto je možné tento typ komunikace považovat za spolehlivý. Při vhodné volbě tarifu není komunikace pomocí sms či GPRS výrazně nákladná.

V neposlední řadě musí jednotka detekovat přítomnost určitého množství vody. Systém je navržen do míst bez stálého výskytu vody. Není tedy bezpodmínečně nutné měřit výšku hladiny kontinuálně. Je dostačující stanovení třech úrovní s ohledem na povodňové stupně. Skutečná výška jednotlivých úrovní může být přizpůsobena místu měření a průměrnému stavu vody. Realizace těchto úrovní je možná použitím plovákových spínačů. Tento typ čidel se řadí do skupiny hlásičů překročení limitní

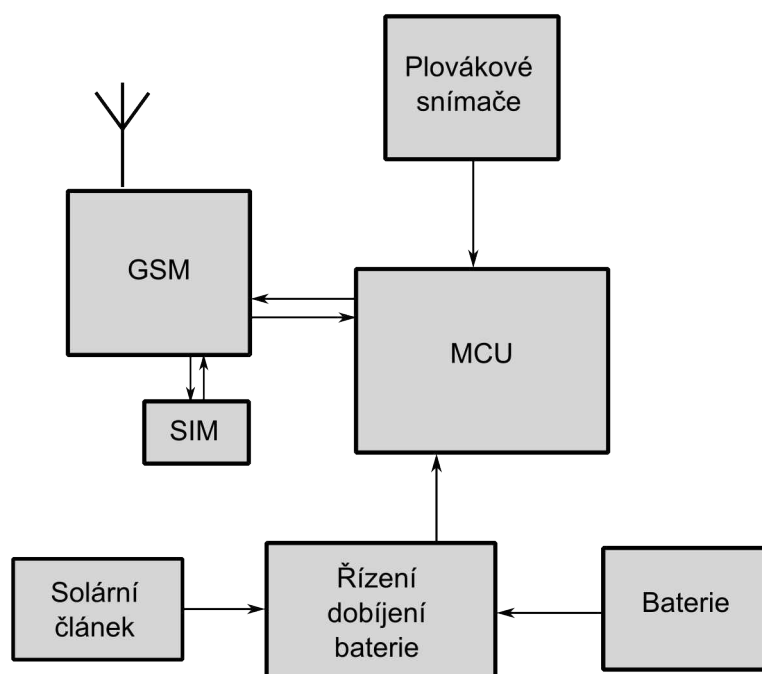


hodnoty hladiny. Měření plovákovými snímači není sice doporučováno, ale pro definovanou situaci návrhem systému je dostačující.

Pro řízení chodu čidla je navrženo řízení 8 bitovým mikroprocesorem dle zadání práce.

### 5.2.1 Blokové zapojení

Na obrázku 5.3 je blokové schéma navrhovaného zapojení varovné měřicí jednotky. Zapojení se skládá ze třech hlavních částí, a to mikroprocesoru, GSM modulu, baterie dobíjené solárním článkem. Popis činnosti jednotlivých bloků je uveden v následující kapitole.



Obr. 5.3: Blokové schéma navrhované měřicí jednotky.

### 5.2.2 Popis chodu čidla

Pro dosažení co nejnižší spotřeby je vhodné, aby jednotka byla v klidovém stavu zcela vypnutá. Nutnost stálého provozu vyžaduje obvod dobíjení baterie ze solárního článku. Pro jednoduchost jsou tyto části realizovány mikroprocesorem, který využívá tzv. SLEEP módu. Z něj ho musí probudit přítomnost vody. Toto lze realizovat vhodným použitím mechanického spínače, popřípadě několika vzhledem k počtu sledovaných

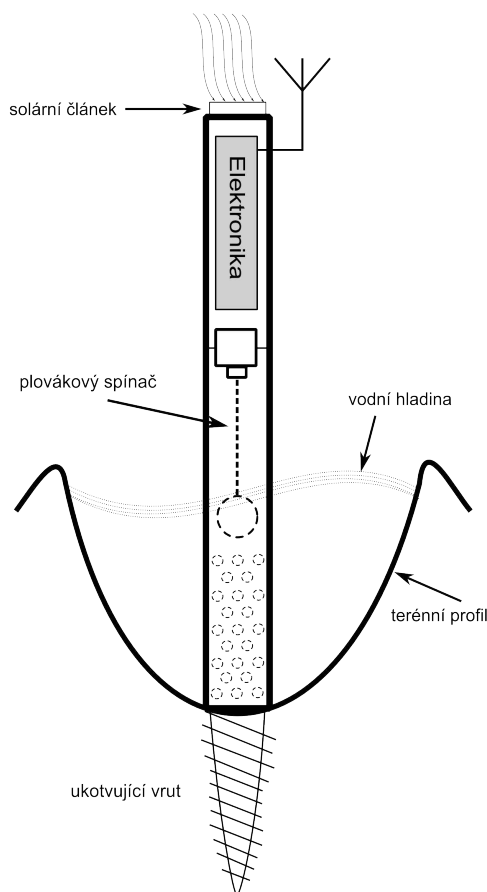
úrovni hladiny vody. Další možnost probuzení je v pravidelných kontrolních intervalech. Tyto intervaly mohou být realizovány pomocí časovače mikroprocesoru.

Jako vhodný mechanický spínač poslouží plovákový spínač. Voda, působením vztlačkové síly, spíná jednotlivé plovákové spínače. Úroveň vody pro daný plovák probudí mikroprocesor. Ten vyhodnotí na základě předchozího stavu z paměti, k jaké změně stavu vody došlo. Po vyhodnocení změny se zapne GSM modul a vyšle přes něj zprávu centrální jednotce o novém stavu. Po dokončení odeslání varovné sms mikroprocesor přejde opět do spánku.

Časovač pravidelných intervalů může sloužit pro vysílání informativních zpráv centrální jednotce. Zejména tak informaci o tom, že je funkční a stále na svém místě. Pro kontrolu umístění lze doplnit zapojení o ochranný spínač.

### 5.2.3 Návrh konstrukce varovné jednotky

Z účelu použití varovné jednotky vyplývají jisté nároky i na jeho samotnou konstrukci. Ta musí být odolná proti klimatickým podmínkám venkovního prostředí, musí být dostatečně robustní proti případným naplaveninám, ale i vandalům.

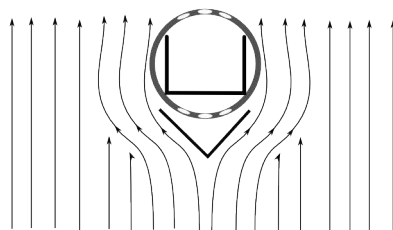


Obr. 5.4: Návrh konstrukce měřicí jednotky.

Současně však musí být snadná její montáž či demontáž na nejružnějších místech měření bez nutnosti stavebních úprav měřicího místa.

Pro snadnou montáž a demontáž je navrženo použití zemního vrutu jako kotvícího prvku. Nosnou konstrukci tvoří kovový profil tvaru U, jak je zřejmé z obrázku 5.4. Profil je spojen se zemním vrutem šrouby. Na profil jsou pak samostatně připevněny jednotlivé části, jako je elektronika ve vodotěsné krabici, plovákový spínač, solární panel. Viz. fotografie v příloze D.

Aby byl plovákový spínač chráněn před naplaveninami a jinými tělesy, je na celý profil umístěn kryt s průtokovými otvory pro vnik vody ke snímači. Dle použitého materiálu krytu lze chránit zařízení před většími tělesy, která mohou být přinesena vodou. K tomuto účelu je možné dále umístění ochranného profilu tvaru písmene L před varovné čidlo, jak je znázorněno na obrázku 5.5.



Obr. 5.5: Rozmístění varovné jednotky a její ochrany v toku

Tato konstrukce nese možnost variability výškových úrovní pouhou změnou délky nosného profilu, ochranného krytu a vzdálenosti jednotlivých plovákových snímačů.

#### 5.2.4 Návrh plovákového snímače

Princip plovákového snímače je založen na vztlakové síle vodní hladiny, která je dána vztahem

$$F_v = V \cdot g \cdot \rho \quad [N, m^3, m \cdot s^{-2}, kg \cdot m^{-3}] \quad , \quad (1)$$

kde  $F_v$  je vztlaková síla,  $V$  je objem ponořené části tělesa,  $g$  gravitační zrychlení a  $\rho$  hustota vody.

Pro správnou funkci je nutné, aby snímač dostatečně reagoval na změnu hladiny. To je zaručeno jen tehdy, pokud není snímač ponořen příliš hluboko. V ideálním případě je to stav, kdy je plovák přesně na hladině, tedy když je gravitační síla snímače rovna vztlakové síle působící na snímač ve vodě. Gravitační síla je dána vztahem

$$F_G = m \cdot g \quad [N, kg, m \cdot s^{-2}] \quad , \quad (2)$$

kde  $F_G$  je gravitační síla,  $m$  je hmotnost a  $g$  gravitační zrychlení. Z něj je patrné, že výslednou sílu ovlivňuje hmotnost tělesa, tedy plováku, a gravitační zrychlení. Hmotnost lze vyjádřit z objemu  $V$  a hustoty tělesa  $\rho$

$$m = V \cdot \rho \quad [kg, m^3, kg \cdot m^{-3}] \quad . \quad (3)$$

V následující tabulce je uvedeno několik materiálů pro srovnání.

Tab. 5.1: Tabulka hustot látek [4]

| Název        | $\rho$ [kg.m <sup>-3</sup> ] |
|--------------|------------------------------|
| Polykarbonát | 1 220                        |
| Polystyren   | 1050                         |
| Voda         | 1026                         |
| Dřevo - buk  | 720 / 980                    |

Z dosazení a porovnání vztahů pro gravitační a vztahovou sílu vyplývá, že při rovnosti výsledných sil je hustota tělesa rovna hustotě kapaliny. Materiál použitý na plovák musí mít tedy podobnou hustotu jako voda.

## 5.3 Návrh řídicí centrální jednotky varovného systému

Pro navrhovanou řídicí jednotku již nejsou tak vysoké nároky z hlediska spotřeby a odolnosti jako na varovnou jednotku. Centrální jednotka je navržena pro umístění uvnitř budov s přívodem elektrické energie.

### 5.3.1 Blokové zapojení centrální jednotky

Na obrázku 5.6 je navrhované blokové schéma centrální jednotky. Její hlavní částí je opět mikroprocesor a GSM modul.

V zapojení je dále navrhováno rozhraní USB, které může sloužit pro zálohu přijatých varovných zpráv.

Další možností centrální jednotky informovat o změně stavu vody je světelná signalizace pomocí LED, LCD, zvuková signalizace sirénou nebo pomocí relé ovládat další zařízení.

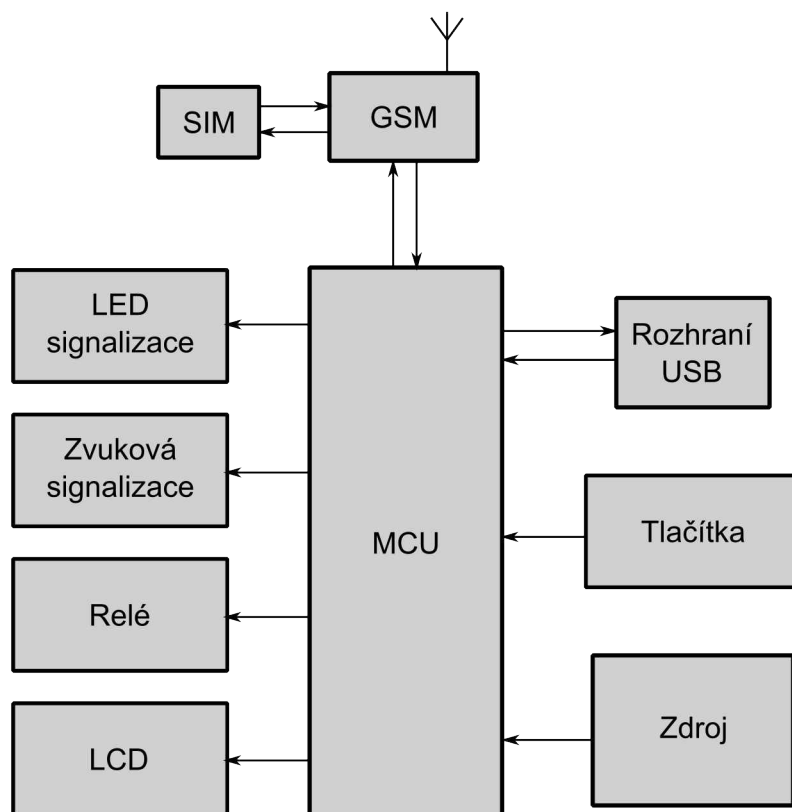
Aby byl celý systém spolehlivý a funkční i za mimořádných situací, je nutné zajistit chod i při výpadku elektrické sítě. To je možné zajistit připojením jednotky na

komerční záložní zdroje, které jsou již v budově používány nebo doplněním vlastním záložním zdrojem.

### 5.3.2 Popis chodu centrální jednotky

Pokud některá z varovných jednotek vyhodnotí změnu hladiny, pošle varovnou zprávu do centrální jednotky - ústředny. Ústředna zprávu přijme a pomocí řídicího software vyhodnotí, které čidlo hlásí změnu hladiny a o jakou změnu jde. Následně spustí výstražnou signalizaci přijetí varovné sms, kterou musí ukončit uživatel stiskem tlačítka. Protože bylo navrženo u varovné jednotky použití třech úrovní hlášení, je nutné tyto úrovně pro každé čidlo signalizovat. Nejjednodušším řešením je použití dvoubarevných LED pro jednotlivá čidla.

Další postupy hlášení a vyslání varovné zprávy místní odpovědné osobě, např. starostovi obce, záleží na konkrétní konfiguraci ústředny po rozmístění systému pro danou obec a definování jednotlivých úrovní.



Obr. 5.6: Blokové schéma navrhované centrální jednotky.

Na základě těchto hlášení již místní samospráva zajistí patřičná opatření k zabránění vzniku škod.

## 6 REALIZACE SYSTÉMU

Na základě předchozího konceptu systému bylo navrženo zapojení varovné jednotky a centrální jednotky. Byly vybrány jednotlivé součásti systému dle blokových schémat a na ně stanovených požadavků. Dle zvolených zapojení je realizován hardware systému a následně doplněn o softwarové vybavení. Pokračováním práce je zhotovení finálního vzorku zařízení.

### 6.1 Realizace blokových částí

Pro varovnou jednotku i pro jednotku centrální jsou navržena bloková zapojení. Jsou definovány požadavky na systém, tedy i na jednotlivé blokové části. Následující kapitoly obsahují popis realizace jednotlivých bloků systému.

#### 6.1.1 MCU – řídící mikrokontroler

Hlavním blokem obou jednotek je řídící MCU, ale na každý jsou jiné požadavky.

##### Požadavky na MCU varovné jednotky:

- 8 bitový procesor
- nízká spotřeba
- podpora SLEEP režimu
- podpora USART komunikace
- podpora přerušení od externího zdroje
- podpora ISP programování
- podpora A/D převodníku

##### Požadavky na MCU centrální jednotky:

- 8 bitový procesor
- podpora dvou USART linek
- dostatečný počet vstupně / výstupních portů
- podpora ISP programování

Podle výše uvedených požadavků byly vybrány procesory od společnosti ATMEL s ohledem na jejich dostupnost a známou architekturu.

##### 6.1.1.1 Řídící mikroprocesor varovné jednotky

Pro řízení chodu měřící varovné jednotky byl použit 8-bitový nízkonapěťový

mikrokontrolér Atmega644-20AU. Použití 8-bitového mikrokontroléru vychází ze zadání práce.

Dalšími faktory výběru byly jeho parametry a snadná dostupnost. Z požadavku zadání nízké spotřeby a autonomního napájení nabízí Atmega644 několik SLEEP režimů pro úsporu energie. V aktivním módu je odběr 0,5mA. V módu Power-down je odběr 3  $\mu$ A. Pro komunikaci s GSM modulem podporuje sériovou komunikaci pomocí portů USART.

Pro kontrolu stavu baterie jednotky je vhodné použití A/D převodníku, který je další součástí mikroprocesoru. V neposlední řadě také podporuje externí přerušení, které se nabízí pro obsluhu plovákových snímačů.

Tab. 6.1: Tabulka parametrů mikroprocesoru ATmega644[5]

|                  |  |
|------------------|--|
| Napájecí napětí  | 1,8 – 5,5V   |
| Pracovní teplota | -55°C to +125°C  |
| A/D převodník    | 10bit  |
| Flash paměť      | 64kB   |
| EEPROM paměť     | 2kB  |
| SLEEP režimy     | Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, Extended Standby |
| Pouzdro          | TQFP   |

#### 6.1.1.2 Řídící mikroprocesor centrální jednotky

Pro centrální jednotku byl vybrán procesor Atmega128-16AU. Splňuje také požadavek 8-bitové architektury a ISP programování.

Dalším požadavkem na procesor byla podpora dvou linek USART pro komunikaci s GSM modulem a pro USB, což procesor nabízí. Dále nabízí 7 vstupně / výstupních 8 bitových portů.

Tab. 6.2: Tabulka parametrů mikroprocesoru ATmega128[10]

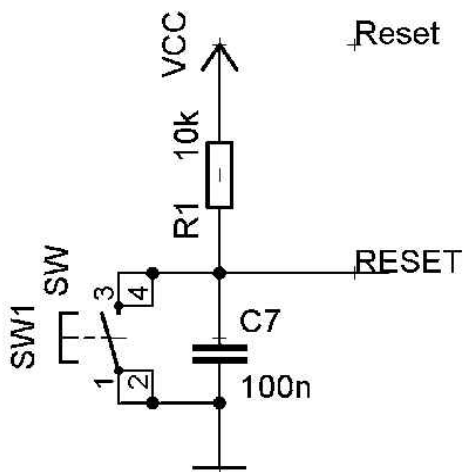
|                  |                 |
|------------------|-----------------|
| Napájecí napětí  | 2,7 – 5,5V      |
| Pracovní teplota | -55°C to +125°C |
| A/D převodník    | 10bit           |
| Flash paměť      | 128kB           |
| EEPROM paměť     | 4kB             |
| Pouzdro          | TQFP            |

### 6.1.1.3 Doporučená zapojení pro MCU

Pro správný chod mikrokontrolérů je nutné dodržet doporučená zapojení od výrobce. Tato doporučení jsou stejná pro oba mikrokontroléry.

#### Reset MCU

Do základního zapojení procesoru je vhodné zařadit zapojení tlačítka pro reset procesoru dle obrázku 6.1. Reset procesoru je spuštěn přivedením nízké logické úrovně na resetovací pin procesoru.



Obr. 6.1: Zapojení resetu mikroprocesoru

### 6.1.1.4 USART

USART je univerzální asynchronní přijímač / vysílač. Umožňuje sériovou komunikaci s jinými zařízeními. Obsahuje základní části:

- přijímač Rx sériových dat
- vysílač Tx sériových dat
- obousměrný buffer datové sběrnice
- externí hodinové signály TxCLK a RxCLK[13]

Vysílač při asynchronní komunikaci posílá data v libovolném okamžiku. Pauza mezi vysílanými daty může být také libovolně dlouhá. Struktura přenášeného signálu (dat) je ovšem pevně daná, tvořící rámec na obrázku 6.2. Přenos je duplexní.

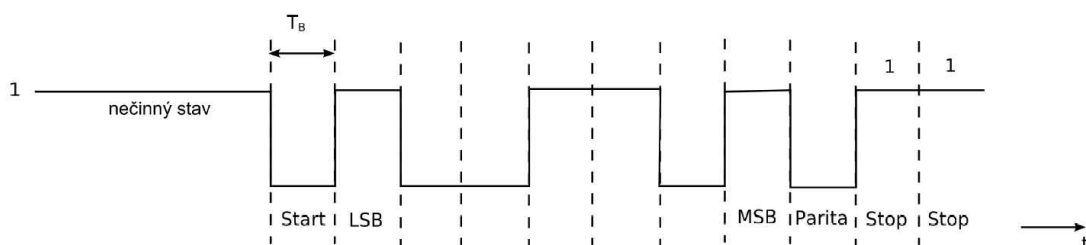
#### Struktura asynchronního rámce:

- *start bit* – začátek rámce, vždy nastaven jako logická nula
- *datové bity* – obsahují přenášenou informaci, vysílány jsou od nejméně



významného bitu LSB až po nejvýznamnější bit MSB

- *paritní bit* – slouží ke kontrole správného přenosu, používá se lichá i sudá parita
- *stop bit* – ukončení rámce, je nastaven vždy do úrovně logické jedničky v podobě 1, 1,5 nebo 2 stop bity[13]

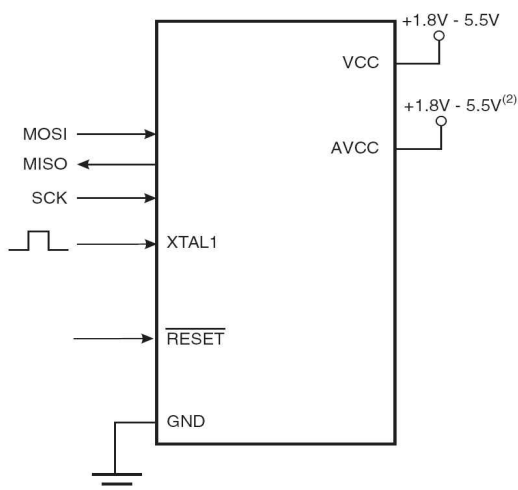


Obr. 6.2: Struktura asynchronního rámce[13]

#### 6.1.1.5 ISP programovací rozhraní

Pro implementaci řídicího software je navrženo použití ISP (In-System Programming) rozhraní, které procesory nabízí. Toto rozhraní umožňuje programování jednočipových obvodů přímo na desce konstruovaného zařízení bez nutnosti vyjímání do speciálního programátoru.

Zapojení rozhraní je uvedeno na následujícím obrázku 6.3. K programování přes toto rozhraní byl vyroben programátor BiProg. Je doporučen jako bezproblémový univerzální programátor procesorů Atmel řady AVR a 51.[6] Jeho fotografie je na obrázku 6.4.



Obr. 6.3: In-System Programming rozhraní[5]

K programování je využito několik speciálních pinů:

- **MISO (Master In Slave Out)** : výstup pro sériová data mikrokontroléru
- **MOSI (Master Out Slave In)** : vstup pro sériová data mikrokontroléru
- **SCK (Serial Clock)** : hodinový signál
- **RESET** : reset mikrokontroléru

*POZN.: Pro procesor Atmega128 má zapojení ISP částečně pozměněno. Signál MOSI je připojen k pinu s označením PE0(RxD), signál MISO je připojen zase k PE1(TxD) portu E.*



Obr. 6.4: BiProg programátor

### 6.1.2 GSM modul

Pro komunikaci mezi měřicí a centrální jednotkou bylo navrženo využití GSM sítě. K tomuto účelu byl použit modul SIM900, který je na obrázku 6.5 Tento modul podporuje pásma GSM/GPRS 850/900/1800/1900 MHz, sériovou komunikaci a PDU/TEXT standart. Sériová linka je navržena a využita pro komunikaci modulu s řídícím mikroprocesorem. Ke konfiguraci a ovládání modulu slouží sada AT příkazů. PDU/TEXT standart je usnadňující pro posílání textových zpráv.

Tab. 6.3: Tabulka parametrů modulu SIM900[14]

|                  |  |
|------------------|--|
| Napájecí napětí  | 3,2 – 4,8V   |
| Proudový odběr   | IDLE 22mA, TALK 235mA  |
| Pracovní teplota | -30°C to +80°C   |
| Pásma            | 850/900/1800/1900 MHz  |
| Rozhraní         | Externí SIM 3V/1,8V, Analog audio, RTC, SPI, USART, Antenna pad, I2C, GPIO, PWM, ADC |
| SMS podpora      | MT, MO, CB, Text and PDU mode  |



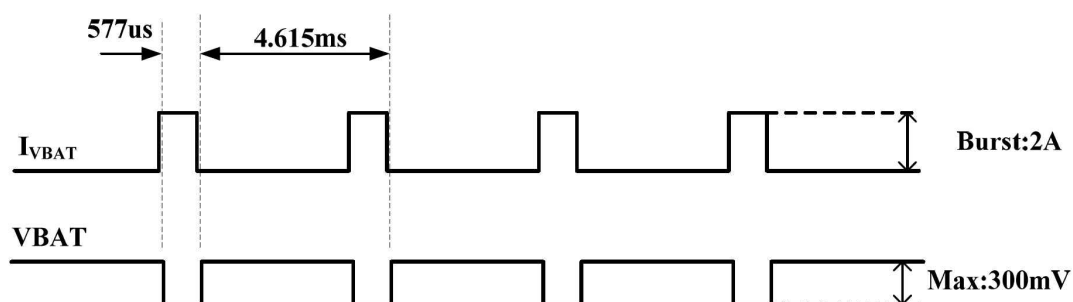
Obr. 6.5: GSM modul SIM900

#### 6.1.2.1 Doporučená zapojení GSM modulu

Stejně jako MCU je i GSM modul nutné doplnit o základní zapojení pro správnou funkci.

##### Napájení modulu

Rozsah vstupního napájení je 3,2 – 4,8 V. Při přihlašování, odesílání sms dochází k proudové špičce až 2A, a proto je nutné zajistit dostatečný zdroj napájení. Mezi napájecí pin VBAT a zem GND je doporučeno připojení dvou kondenzátorů. První má hodnotu kapacity 100 $\mu$ F, druhý 1 $\mu$ F. Oba kondenzátory musí mít dostatečně nízké ESR.



Obr. 6.6: Pokles napětí při vysílací špičce[14]

Z důvodu velké proudové špičky je nutné zvýšení kapacity kondenzátorů na napájecím vstupním pinu modulu. Kapacitu stanovíme dle následujících vztahů.

$$Q = I \cdot t = 2 \cdot 577 \cdot 10^{-6} = 1,154 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{1,154 \cdot 10^{-3}}{4,5} = 256 \mu\text{F} \quad (4)$$

Z výpočtu kapacity je patrné, že je zapojení nutné doplnit o kapacitu 256 μF. Důležitým parametrem použitých kondenzátorů je jejich ekvivalentní sériový odpor (ESR). Ten vypočítáme ze znalosti maximálního možného úbytku při špičce a špičkového proudu pomocí Ohmova zákona.

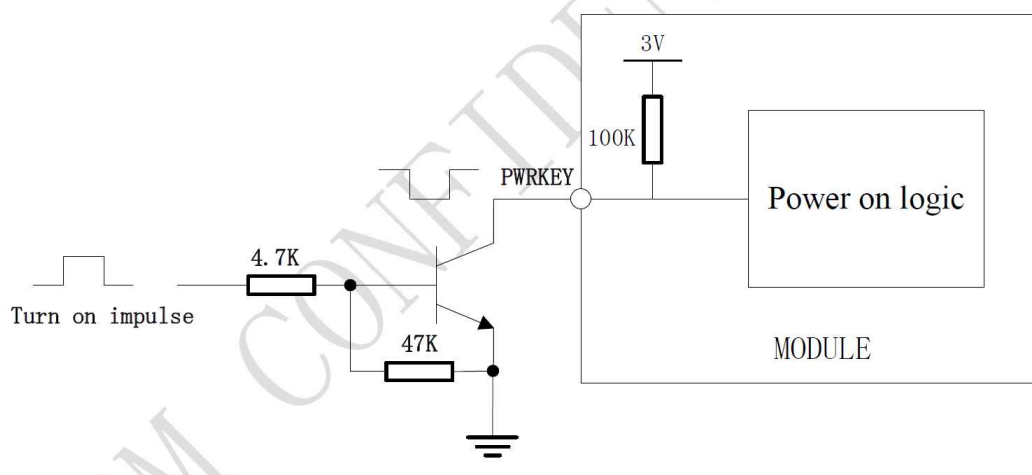
$$ESR = \frac{U}{I} = \frac{0,3}{2} = 0,15 \Omega \quad (5)$$

Dosazením do vztahu jsme vypočítali, že ekvivalentní sériový odpor kondenzátoru musí být menší než 150 mΩ.

### Zapnutí / vypnutí modulu

Pro řízení zapnutí a vypnutí slouží pin s názvem PWRKEY. Vnitřní zapojení tohoto pinu je pull-up odpor připojený k napětí 3V. Proto tento pin reaguje na úroveň logické nuly. Výrobce doporučuje jednoduché tranzistorové zapojení na obrázku 6.7. Použitím tohoto zapojení je mění aktivní úroveň z nuly na jedničku.

Z obrázku 6.8 je zřejmé, že sepnutí pinu PWRKEY musí být na dobu delší než 1s.



Obr. 6.7: Tranzistorové zapojení pinu PWRKEY[14]



Tab. 6.4: Tabulka signálů SIM karty[14]

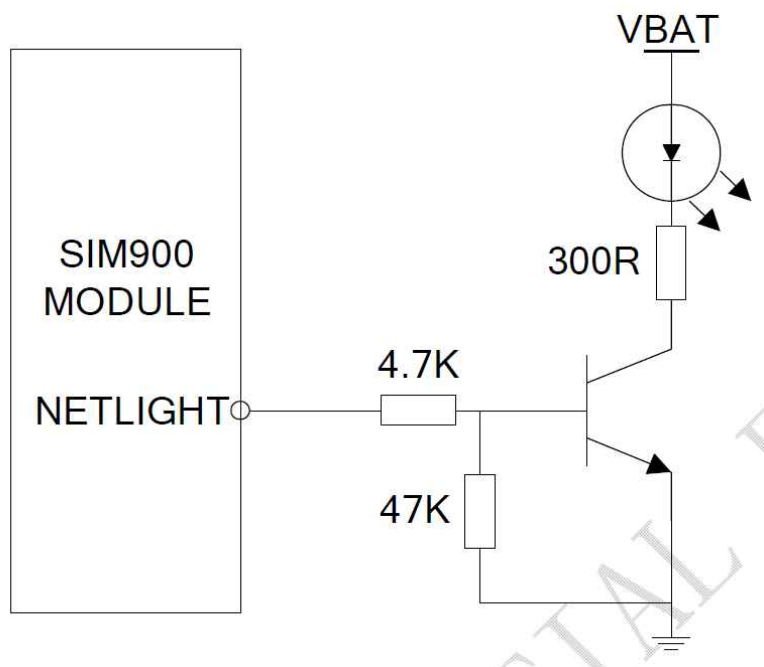
|          |                         |
|----------|-------------------------|
| SIM_VDD  | napájení                |
| SIM_RST  | reset                   |
| SIM_CLK  | hodinový signál         |
| SIM_DATA | vstup / výstup pro data |
| VPP      | nezapojen               |
| GND      | zem                     |

### Indikace stavu připojení k GSM síti

GSM modul podporuje také připojení LED pro indikaci stavu připojení k síti. Jednotlivé stavy jsou rozlišeny periodou svícení. Možné indikující stavy jsou uvedeny v následující tabulce. Doporučené zapojení indikační LED je na obrázku 6.10.

Tab. 6.5: Tabulka stavu připojení k GSM síti[14]

| Stav                       | LED                         |
|----------------------------|-----------------------------|
| Modul nezapnut             | Nesvítí                     |
| Modul není připojen k síti | 64ms svítí / 800ms nesvítí  |
| Modul je připojen k síti   | 64ms svítí / 3000ms nesvítí |



Obr. 6.10: Zapojení LED indikující stav připojení k síti[14]

### 6.1.2.2 GSM anténa

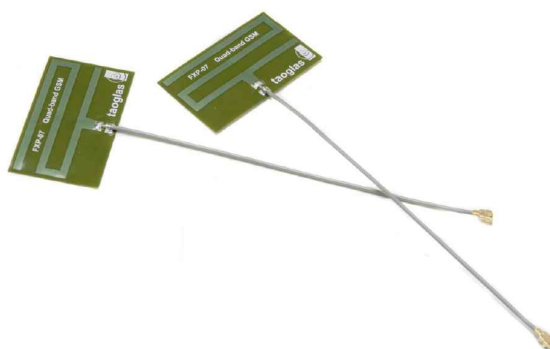
Pro zajištění kvalitního připojení modulu k GSM síti je nutné připojení vhodné antény k modulu. Anténa je zapojena k pinu s označením RF\_ANT.

- rozsah vysílacího výkonu modulu: min. 5dBm  $\pm$ 5dB až max. 33dBm  $\pm$ 2dB
- citlivost přijímače: typicky -109dBm

Pro výstražný systém byla vybrána flexibilní PCB pěti pásmová GSM anténa FXP07 na obrázku 6.11 od společnosti Sectron.

Tab. 6.6: Tabulka parametrů GSM antény[15]

|                  |                           |
|------------------|---------------------------|
| Pásmo            | AMPS, GSM, DCS, PCS, UMTS |
| Impedance        | 50 $\Omega$               |
| Polarizace       | lineární                  |
| Konektor         | IPEX                      |
| Provozní teplota | -40°C až +85°C            |

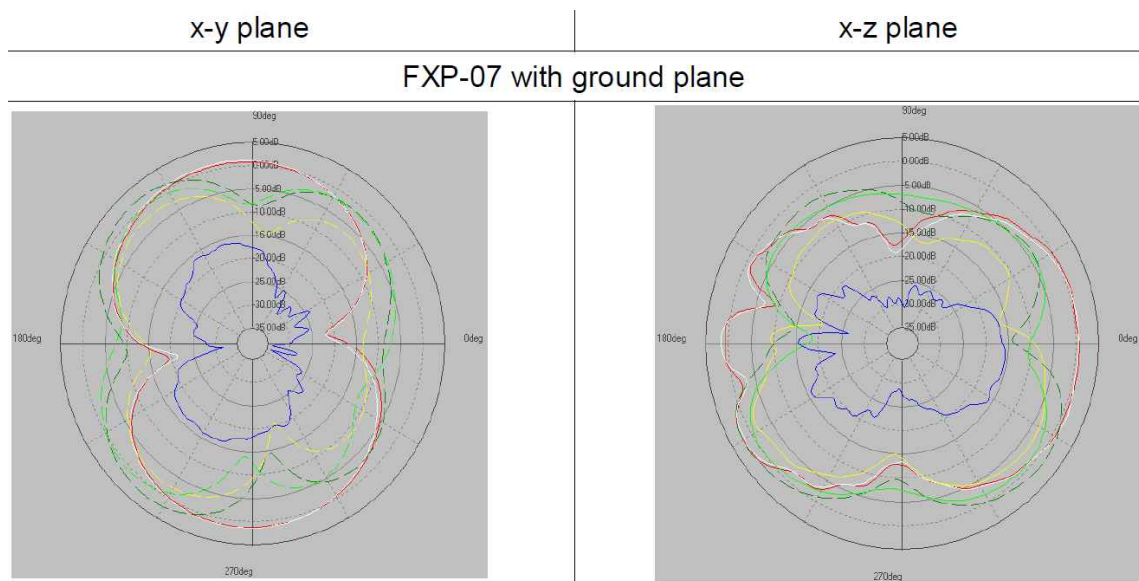


Obr. 6.11: GSM anténa[15]

### 6.1.2.3 AT příkazy

Pro jednoduchou konfiguraci GSM modemů byl definován jednoduchý jazyk nazývaný AT-language. Každý příkaz začíná písmeny AT (z anglického attention). Pro zadávání AT příkazů slouží terminálový software. Tento software předává příkazy modemům po sériové lince. Každý výrobce modemů definuje vlastní sadu AT příkazů.

V případě použitého GSM modulu nahrazuje terminálový software samotný mikrokontrolér varovné jednotky. Modul SIM900 využívá sadu AT příkazů: SIM900\_ATC\_V1.00.



Obr. 6.12: Vyzařovací diagram GSM antény[15]

### Syntaxe AT příkazů

- *testovací příkaz* **AT**+<x>=?
  - vrací výpis parametrů a hodnoty rozsahů nastavení
- *příkaz pro čtení* **AT**+<x>?
  - vrací aktuálně nastavenou hodnotu parametru
- *příkaz pro zápis* **AT**+<x>=<...>
  - nastaví příslušný parametr
- *procesní příkaz* **AT**+<x>
  - vrací neměnné parametry interních procesů modulu

*Každý příkaz je odeslán vložení znaku <CR>.*

### AT příkazy pro základní nastavení modulu a práci se sms

- AT : testovací příkaz, vrací pouze OK. Může soužit pro prvotní synchronizaci baud rate v režimu Auto.
- AT+IPR = 9600 : nastaví baud rate na hodnotu 9600
- ATE1 : nastaví echo mód
- AT+CPIN = 1234 : zadá PIN kód SIM karty 1234

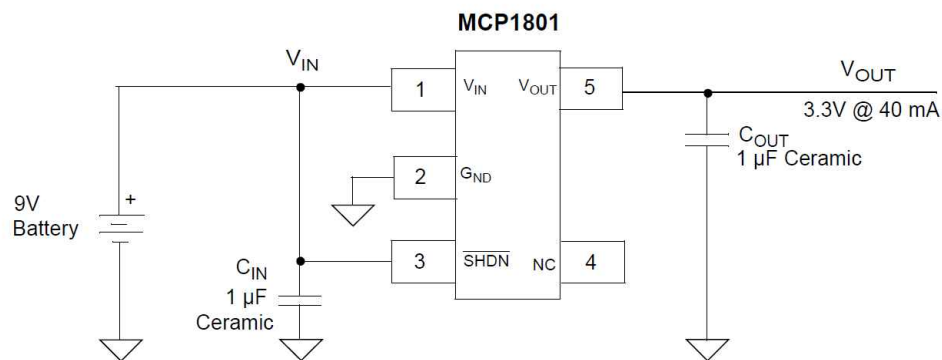


- ATZ0 : nastaví základní výrobní konfiguraci
- AT+CMGF = 1 : volba SMS formátu na text mód
- AT+CSCS = “GSM” : výběr GSM znakové sady
- AT+CMGS = “+420xxxxxxxxx” : odeslání sms. Text sms je následně zadáván. Pro úspěšné odeslání je nutné odeslání znaku SUB (0x1A)
- AT+CMGD = X : smaže sms s pořadovým číslem X
- AT+CMGR = X : vypíše sms s pořadovým číslem X

### 6.1.3 Napájecí zdroje

#### 6.1.3.1 Napájení MCU

Napájecí napětí obou procesorů bylo zvoleno na 3,3V. Pro zaručení správné činnosti je k napájecímu pinu navrženo připojení kondenzátoru 100nF. K zajištění hodnoty zvoleného napájecího napětí je vybrán nízko-úbytkový stabilizátor MCP1801-3,3.



Obr.6.13: Doporučené zapojení stabilizátoru MCP1801 výrobcem[11]

Tab. 6.7: Tabulka parametrů stabilizátoru MCP1801[11]

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| Vstupní napětí           | 2 – 10 V       |
| Výstupní napětí          | 3,3V           |
| Klidový proud            | 25uA           |
| Maximální výstupní proud | 150mA          |
| PSRR                     | 70 dB          |
| Pouzdro                  | SOT-23-5       |
| Pracovní teplota         | -40°C to +85°C |

### Popis pinů:

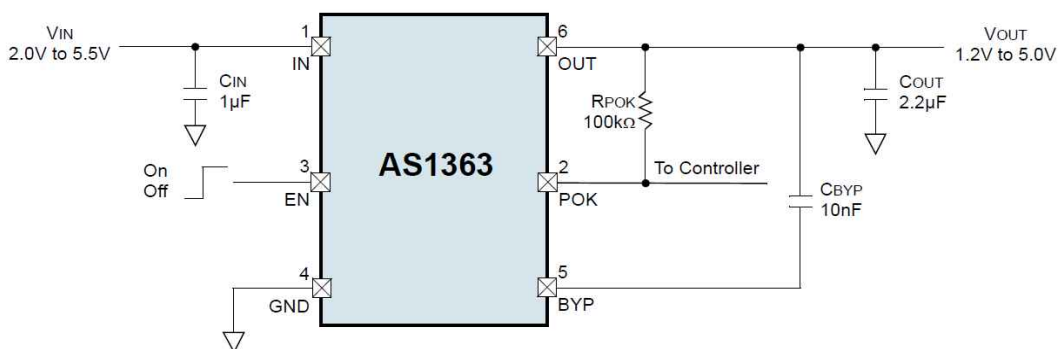
- $V_{IN}$ : neregulované vstupní napětí
- $V_{OUT}$ : regulované výstupní napětí
- GND: zem
- $\overline{SHDN}$ : vstup pro vypnutí či zapnutí stabilizátoru

#### 6.1.3.2 Napájení GSM modulu

Napájecí napětí GSM modulu je v rozsahu 3,2V až 4,8V. Proud modulu v IDLE módu je 22mA, v TALK módu je 235mA. Při přihlašování do sítě nebo odesílání sms může dojít až k 2A špičkám. Pro tyto špičky byl modul doplněn o zvýšenou kapacitu připojených kondenzátorů k napájecímu pinu. Požadavky na zdroj napájení jsou tedy dány pouze hodnotami napájecího napětí a odběru proudu. V použití modulu v měřicím čidle je nutný ohled i na vlastní spotřebu zdroje. Je navrženo použití lineárního nízko-úbytkového stabilizátoru AS1363-45.

Tab. 6.8: Tabulka parametrů stabilizátoru AS1363[16]

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| Vstupní napětí           | 2 – 5,5 V      |
| Výstupní napětí          | 4,5V           |
| Klidový proud            | 65uA           |
| Maximální výstupní proud | 500mA          |
| PSRR                     | 70 dB          |
| Pouzdro                  | SOT-23         |
| Pracovní teplota         | -40°C to +85°C |



Obr.6.14: Doporučené zapojení stabilizátoru AS1363 výrobcem[16]

**Popis pinů:**

- IN: neregulované vstupní napětí
- OUT: regulované výstupní napětí
- GND: zem
- POK: Open-Drain POK výstup
- EN: Enable vstup, aktivní v úrovni logické jedničky
- BYP: Bypass pin, připojení kondenzátoru pro zlepšení PSRR a šumu[16]

**6.1.4 LCD**

Pro centrální jednotku je navrženo použití LCD. Display nabízí možnost zobrazování textových hlášení, signalizace stavů atd. Pro výstražný systém byl vybrán display RC1602B-GHW-ESX od společnosti RAYSTAR.



Obr. 6.15: Fotografie LCD RC1602B[18].

Tab. 6.9: Tabulka parametrů LCD RC1602B[17]

|                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| Vstupní napětí LCD        | 4,5 – 5,5 V           |
| Proudový odběr LCD        | 1,2 mA                |
| Počet znaků v řádku       | 16                    |
| Počet řádků               | 2                     |
| Vstupní napětí podsvícení | 3,4 – 3,6 V           |
| Proudový odběr podsvícení | 40 mA                 |
| Barva podsvícení          | bílá                  |
| Intenzita osvětlení       | 120 CD/M <sup>2</sup> |
| Pracovní teplota          | -20°C to +70°C        |

### Popis pinů:

- $V_{SS}$ : zem
- $V_{DD}$ : vstup napájecího napětí
- V0: vstup pro nastavení kontrastu LCD
- RS: volba typu dat, úroveň H pro data, úroveň L pro instrukce
- R/W: čtení(H) / zápis (L)
- E: enable vstup
- DB0 až DB7: datová sběrnice
- A: vstup pro napájení podsvícení
- K: zemnicí pin podsvícení

Pro konfiguraci LCD a zobrazování znaků slouží instrukční sada vložená v příloze B. Display umožňuje různá nastavení jako volbu 1 nebo 2 řádků, šířku datové sběrnice 4 nebo 8 bitů. Jednotlivé zobrazující se znaky jsou uloženy v CGROM LCD. Mapa znaků je uvedena v příloze B.

## 6.1.5 USB

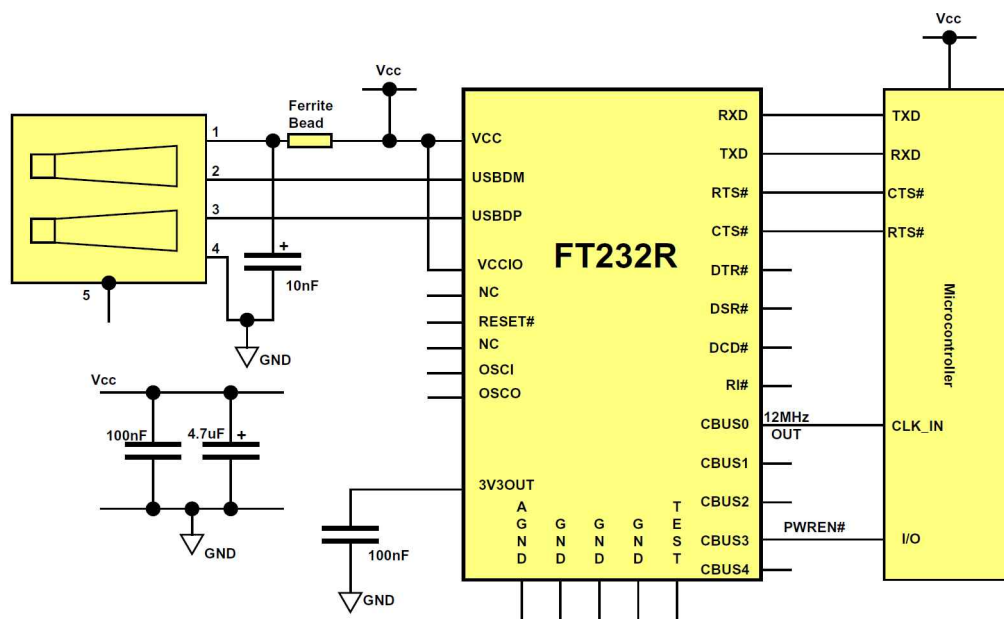
Pro komunikaci centrální jednotky s počítačem je navrženo rozhraní USB. USB je univerzální sériové rozhraní s komunikační rychlostí od 1,5Mbit/s do 480Mbit/s (standard USB 2.0). Umožňuje připojení více zařízení na jednu sběrnici. Maximální komunikační vzdálenost je 5m. Rozhraní obsahuje 5V napájení a dva datové vodiče. Velkou výhodou USB je možné připojování Plug & Play bez nutnosti restartovat počítač.

Tab. 6.10: Tabulka parametrů převodníku FT232R[19]

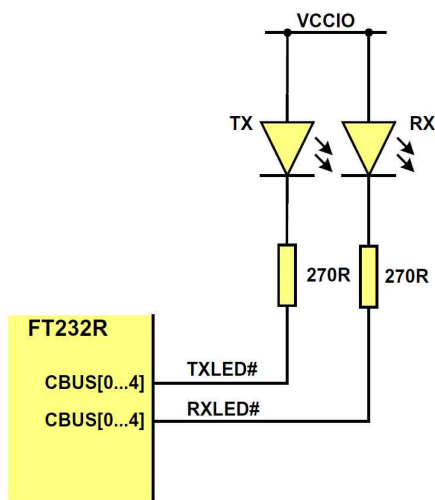
|                         |                |
|-------------------------|----------------|
| Napájecí napětí         | 3,3 – 5,25 V   |
| Proudový odběr          | 15 mA          |
| Interní hodinový signál | 12 MHz         |
| Pouzdro                 | SSOP-28        |
| Pracovní teplota        | -40°C to +85°C |

K realizaci tohoto rozhraní je nutné použití převodníku USB-USART. Byl vybrán obvod FT232R od společnosti FTDI Chip. Obvod není nutné nijak konfigurovat. Dle použití se pouze zvolí jedno z doporučených zapojení od výrobce. Použité doporučení zapojení USB-USART je na obrázku 6.16. Pro indikaci přenosu informací po sběrnici lze k obvodu připojit indikační LED. Doporučené zapojení těchto LED je na obrázku

6.17. Rozložení pinů obvodu je uvedeno v příloze B.



Obr. 6.16: Doporučené zapojení výrobce obvodu FT232R[19]



Obr. 6.17: Zapojení indikačních LED obvodu FT232R[19]

### 6.1.6 Plovákové snímače

Pro snímání hladiny bylo využito komerčně vyráběných čidel na obrázku 6.18. Tyto čidla pracují na principu jazýčkových kontaktů a magnetky. V tabulce 6.11 jsou uvedeny technické parametry plovákového čidla. Snímač má vhodnou pracovní teplotu pro venkovní použití.

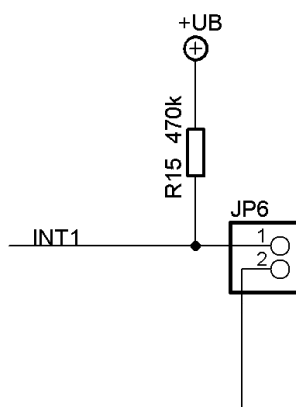


Obr. 6.18: Plovákové čidlo.

Tab. 6.11: Tabulka technických parametrů plovákového snímače

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| Pracovní teplota     | -30°C až +85°C |
| Max. pracovní proud  | 500 mA         |
| Max. pracovní napětí | 200 V AC       |
| Spínací výkon        | 10W            |

Protože snímač funguje na principu spínače je připojení k MCU jednoduché. Je zvoleno připojení na piny s označením INTx, které slouží jako zdroje externího přerušení. Zapojení je uvedeno na obrázku 6.19. Snímač se připojuje na svorky s označením JPx.



Obr. 6.19: Zapojení plovákového čidla.

### 6.1.7 Solární článek a baterie

Na varovnou jednotku je kladen požadavek autonomního napájení. Pro splnění tohoto požadavku je navrženo použití baterie jako zdroje energie. Pro udržování baterie je dále navrženo připojení solárního článku. Pro stavbu prototypu zařízení byl využit komerční blok solárního dobíječe určeného pro mobilní zařízení. Důvodem byla příznivá cena, malé rozměry, funkční elektronika dobíjení baterie ze solárního článku nebo z USB. Protože je zařízení primárně určeno jako zdroj energie pro mobilní zařízení, je vybaveno výstupním USB portem. USB rozhraní obsahuje napětí s hodnotou 5V. Toto napětí je dostačující pro napájení varovné jednotky. Maximální výstupní proud je 800mA, což je také dostačující. Zakoupený solární dobíječ je na obrázku 6.20.

Tab. 6.12: Tabulka technických parametrů

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| Výkon solárního panelu            | 0,4 W      |
| Vstupní napětí pro dobíjení z USB | 5V         |
| Vstupní proud z USB               | 500 mA     |
| Výstupní napětí                   | 5,5V       |
| Maximální výstupní proud          | 800 mA     |
| Kapacita baterie                  | 1500mA/h   |
| Typ baterie                       | Li-Polymer |

Solární dobíječ obsahuje baterii typu Li-Polymer. V tabulce 6.13 je porovnání běžných typů baterií a jejich parametrů. Porovnání je sestaveno z vlastností akumulátorů velikosti AA.

Tab. 6.13: Tabulka porovnání parametrů AA akumulátorů[21]

| Typ      | Jmenovité napětí [V] | Objemová účinnost [Wh/dm <sup>3</sup> ] | Hustota energie [Wh/kg] | Počet cyklů | Samo-vybíjení [%/měsíc] | Provozní teplota [°C] | „Paměťový jev“ |
|----------|----------------------|---|-------------------------|-------------|-------------------------|-----------------------|----------------|
| NiCd     | 1,2                  | 150                                     | 45                      | 1000        | 25                      | -10 až +50            | ano            |
| NiMH     | 1,2                  | 230                                     | 70                      | 800         | 20-25                   | -10 až +50            | Úbytek napětí  |
| Li-Ion   | 3,6                  | 225                                     | 100                     | >500        | 8                       | -20 až +50            | ne             |
| Li-Pol   | 1,8-3                | 25-40                                   | 70-100                  | 500         | 20                      | -20 až +50            | ne             |
| Li-Metal | 3                    | 300                                     | 140                     | 150         | 1-2                     | -30 až +55            | ne             |



Obr. 6.20: Fotografie solárního dobíječe.

## **6.2 Realizace prototypu varovné jednotky**

Na základě navržené koncepce varovné jednotky, následně na výběru jednotlivých blokových částí je realizován prototyp této jednotky pro účel ověření funkčnosti návrhu.

### **6.2.1 Obvodové zapojení varovné jednotky**

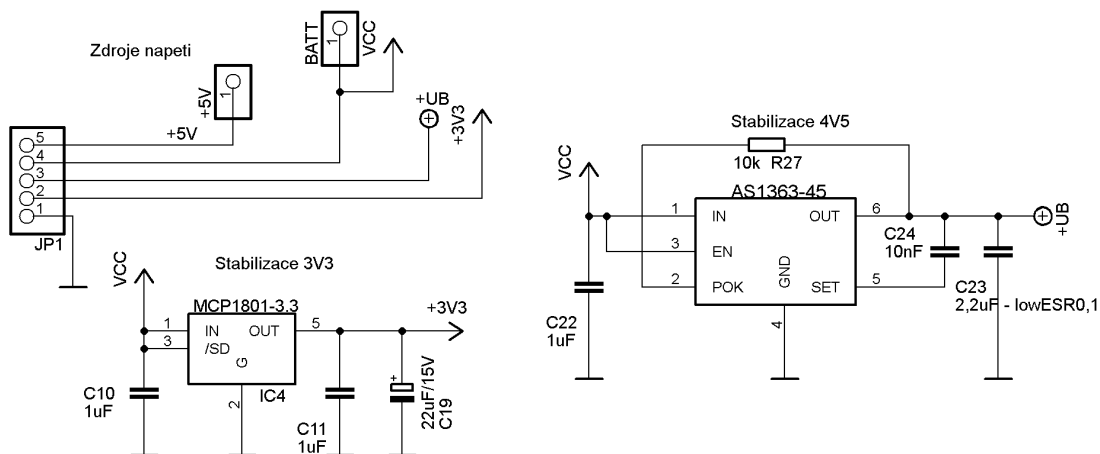
Obvodové zapojení varovné jednotky je sestaveno dle doporučených zapojení jednotlivých částí navrženého blokového schématu na obrázku 5.3.

Obvodové řešení varovné jednotky je rozděleno na dvě části, napájecí a řídicí. Celkové obvodové řešení řídicí části je vloženo v příloze A. Celkové obvodové zapojení napájecí části je na obrázku 6.21.

Zapojení je doplněno o 4 DIP spínače. Dva slouží k nastavení čísla varovné jednotky. Zbývajících dvěma spínači lze zapnout signalizační LED GSM modulu. Pro běžný chod jsou LED odpojené z důvodu úspory energie.

Pomocí jumperu je možné také připojení / odpojení signalizační LED pro MCU.





Obr. 6.21: Obvodové zapojení napájecí části varovné jednotky

## 6.2.2 Deska plošného spoje varovné jednotky

Podle sestavených obvodových zapojení řídicí a napájecí části byly navrženy i desky plošných spojů. Deska řídicí části je navržena jako oboustranná pro SMD montáž součástek. Napájecí část je poměrně jednoduchá, a proto je navržena pouze jako jednovrstvá také určená pro SMD montáž. Deska napájecí části obsahuje prostor a otvory pro upevnění baterie a dobíjecí elektroniky solárního dobíječe. Velikost SMD součástek byla volena 0603. Rozložení pinů použitých obvodů je vloženo v příloze B.

Obě desky jsou stejného rozměru a jsou uzpůsobeny rozměrům, upevňovacím otvorům montážní krabice. Desky jsou navrženy pro instalaci nad sebou, jak je patrné z fotografie v příloze D.

Navržené desky plošných spojů obou částí jsou uvedeny v příloze. Zdrojové soubory s návrhem pro prostředí EAGLE jsou uloženy na CD v příloze.

## 6.2.3 Konstrukční řešení varovné jednotky

Pro zkušební účely byla realizována pouze jedna varovná jednotka. Dle návrhu byly definovány tři úrovně a to o výšce 5 cm. Tato jednotka je tedy schopná reagovat na celkovou změnu hladiny 15cm.

Nosná konstrukce tvaru písmene U byla vyrobena z hliníkového plechu o tloušťce 2mm a rozměrech 30x24 cm. V zadní straně byly vytvořeny otvory pro snadný přístup vody ke snímačům. Elektronická část je navržena v horní části jednotky ve vhodné krabici s patřičným krytím. Nad krabicí je umístěn solární panel v plastovém krytu. Kryt je vyroben ze dvou desek průhledného plexiskla, které jsou sešroubovány k sobě a upevněny k montážní krabici.

Pro ochranu elektroniky byla vybrána krabice od společnosti FIBOX s označením AB 081206. Hlavními parametry výběru byl stupeň krytí IP66/67, rozměry v souladu s vyrobenou nosnou konstrukcí. Rozměry jsou 120x80x55 mm. Uvnitř krabice jsou umístěny montážní sloupky pro uchycení elektroniky.

## 6.3 Realizace prototypu centrální jednotky

Pro ověření funkčnosti návrhu byl sestaven prototyp centrální jednotky. Realizace vychází z blokového návrhu zapojení na obrázku 5.6 a z návaznosti na realizovanou varovnou jednotku.

### 6.3.1 Obvodové zapojení centrální jednotky

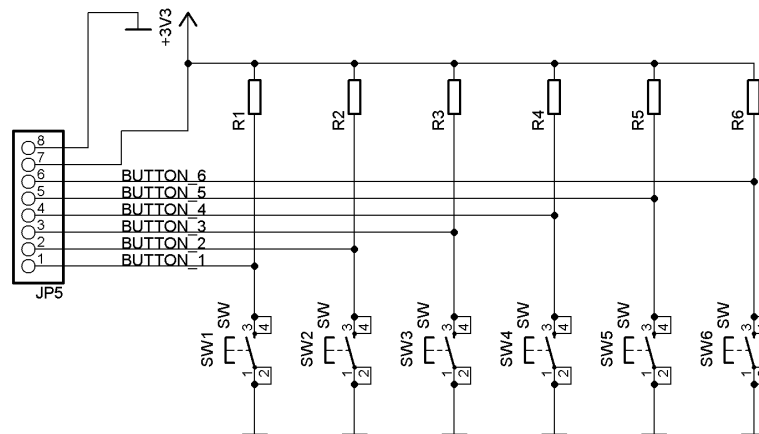
Obvodové zapojení centrální jednotky je také sestaveno dle doporučených zapojení blokových částí. Výsledné zapojení je v příloze A.

Mimo zapojení již popsaných blokových částí je doplněno zapojení signalizačních LED. Pro signalizaci stavů čidel byly zvoleny dvou-barevné LED. K GSM modulu jsou připojeny LED pro indikaci stavu modulu a stavu připojení k síti. Jednotka je vybavena dle návrhu USB rozhraním. To zajišťuje převodník FT232, který je doplněn také o signalizační LED komunikace na sběrnici.

Návrh obsahuje i zvukovou signalizaci. Ta je realizována připojením malé sirénky, kterou lze spínat pomocí tranzistoru. Pro možné ovládání dalšího zařízení centrální jednotkou je v zapojení obsaženo i spínání pro relé, které by případně zařízení ovládalo.

MCU a GSM modul mají vlastní zapojení zdroje napájení výše popsané. Dalším blokem, který je nutné napájet je LCD. To vyžaduje 5V napájení. Proto je zapojení doplněno o lineární stabilizátor 7805 a jeho doporučené součásti. Tento stabilizátor zajišťuje velký vstupní rozsah napětí celé jednotky od 7 do 20 V. Vzhledem k tomu, že stabilizátory pro MCU a GSM modul mají rozsah vstupního napětí malý, jsou zapojeny až za 5V stabilizátor.

Pro jednoduché ovládání jednotky byla navržena tlačítka. Zapojeno bylo celkem 6 tlačítek pro ovládání potvrzení přijetí, zapnutí / vypnutí relé, zapnutí / vypnutí sirény, zapnutí / vypnutí odesílání dat na USB, zapnutí / vypnutí podsvícení LCD, test odeslání sms. Zapojení tlačítek je na následujícím obrázku.



Obr. 6.22: Zapojení klávesnice centrální jednotky.

### **6.3.2 Deska plošného spoje centrální jednotky**

Centrální jednotka je navržena jako jedna oboustranná deska. Samostatnou desku tvoří pouze modul LCD a klávesnice. Obě desky jsou navrženy na umístění nad desku jednotky. Návrh desek byl proveden v prostředí EAGLE a projekty jsou uloženy na CD v příloze. Obrázky navržené desky plošných spojů jsou uvedeny v příloze A.

Deska centrální jednotky byla navržena s ohledem na umístění v přístrojové krabici. Mimo signalizační prvky jsou všechny součástky voleny pro SMD montáž. Osazená centrální jednotka je uvedena na fotografii v příloze D.

### **6.3.3 Konstrukční řešení centrální jednotky**

Pro zkušební účely byla realizována pouze jedna centrální jednotka. Na tuto jednotku jsou kladeny nižší nároky, zejména z pohledu prostředí, kde je jednotka umístěna. Umístění je navrhnuvno v budovách, není tedy nutné použití přístrojové krabice s vysokým stupněm krytí.

Pro zabudování jednotky byla vybrána krabice od firmy Hammond Manufacturing s označením HM-1599EBK. Rozměry jsou 170x85x35 mm. Uvnitř krabice jsou montážní sloupky pro upevnění elektroniky. Do stěn krabice byly vyfrézovány otvory pro LCD, klávesnici, USB konektor, napájecí konektor, signalizační LED. Krabice byla doplněna popisným štítkem. Finální podoba ústředny je na fotografii v příloze D.

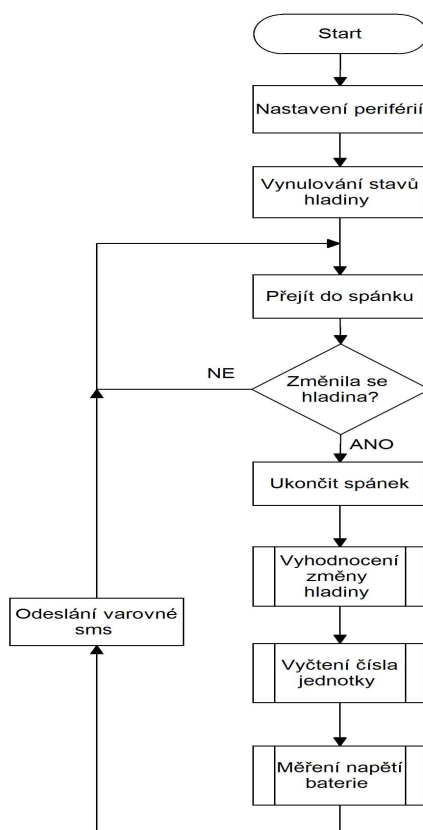
## 7 SOFTWARE

K zajištění chodu výstražného systému je nutné doplnit varovnou i centrální jednotku o řídicí software mikrokontrolérů. Pro vytvoření softwaru byl využit jazyk C a vývojové prostředí AVR Studio.

Řídicí software má za úkol konfigurovat používané periferie mikrokontroléru a obsluhovat je k zajištění výstražné funkce systému.

### 7.1.1 Řídicí software varovné jednotky

Hlavní funkcí varovné jednotky je vyslání varovné zprávy v případě zatopení. Jednotka musí rozlišit 3 navržené úrovně zatopení. Z požadavku autonomního napájení vychází nutnost funkce pro úsporu energie a měření napětí baterie. Software jednotky pracuje dle následujícího vývojového diagramu v obrázku 7.1.



Obr. 7.1: Vývojový diagram varovné jednotky.

Jako první program provede nastavení periférií mikrokontroléru, aby je mohl dále

správně obsluhovat. V druhém kroku vynuluje paměť aktuálního a minulého stavu hladiny. Varovná jednotka musí splňovat požadavek nízké spotřeby. Toho je dosaženo přechodem do spánku v době nečinnosti varovné jednotky. Ze spánku je jednotka probuzena vyvoláním externího přerušení od plovákových snímačů. Následně je porovnáním aktuálního a minulého stavu hladiny vyhodnocena změna hladiny. Řídící software pokračuje vyčtením čísla varovné jednotky, změřením napětí baterie. Dle definovaného formátu je sestavena varovná zpráva a následně odeslána centrální jednotce. Po dokončení odeslání přechází varovná jednotka opět do režimu spánku.

### 7.1.1.1 Režim spánku

Režimy spánku (sleep režimy) umožňují vypnout nepoužívané moduly v MCU a tím snížit spotřebu energie. ATmega644 nabízí 5 režimů spánku, které umožňují přizpůsobit spotřebu energie požadavkům. Režimy jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 7.1: Tabulka režimů spánku a zdrojů probuzení[5]

| Sleep mód  | INT2:0 | TWI<br>adresa<br>porovnání | Timer2 | SPM/EE<br>PROM<br>Ready | ADC | WDT<br>přerušení | Další<br>I/O |
|------------|--------|----------------------------|--------|-------------------------|-----|------------------|--------------|
| Idle       | X      | X                          | X      | X                       | X   | X                | X            |
| ADCNRM     | X      | X                          | X      | X                       | X   | X                |              |
| Power-down | X      | X                          |        |                         |     | X                |              |
| Power-save | X      | X                          | X      |                         |     | X                |              |
| Standby    | X      | X                          |        |                         |     | X                |              |

Probouzení ze sleep režimu využívá varovná jednotka pouze od externího přerušení INT2:0. Z tohoto důvodu je zvolen režim Power-down. V případě použití jako zdroje probuzení časovače Timer2 pro pravidelné zasílání informativních zpráv je vhodné nastavení režimu Power-save, kdy lze od časovače probouzet MCU.

Pro nastavení režimů spánku slouží knihovna sleep.h, kterou je nutné vložit do projektu. Následné nastavení režimu a uspání procesoru je velmi jednoduché, jak ukazuje následná ukázka kódu.

```

set_sleep_mode(SLEEP_MODE_PWR_DOWN);    // nastavení power down módu
cli();                                    // globální zakázání přerušení
{
    sleep_enable();                        // povolení sleep modu
    sei();                                 // globální povolení přerušení
    sleep_cpu();                           // uspání procesoru
    sleep_disable();                       // zakázání sleep modu
}
sei();                                    // globální povolení přerušení

```

Při zavolání funkce `sleep_cpu()` dojde k uspání a program dál nepokračuje. V případě probuzení od tohoto místa program pokračuje dále.

### 7.1.1.2 Vyhodnocení změny hladiny

Pro vyhodnocení změny hladiny slouží porovnávání hodnot aktuální a minulé hladiny vložených do GPIOR registrů. Aktuální hladina je uložena do registru GPIOR0 v obsluze vyvolaného přerušení. Po vyhodnocení změny hladiny je aktuální hodnota přepsána chybovou hodnotou. Ta slouží pro rozpoznání možné chyby při následném přerušení a špatném uložení aktuální hodnoty.

```

if((GPIOR0 == 0x05)&(GPIOR1 == 0x05))          // sestup na hladinu 0
{
    GPIOR1 = 0x00;                               // uložení hladiny 0
    GPIOR0 = 100;                                // uložení chybné hodnoty
    GSM_send(0);                                  // odeslání výstražné sms
}
else if((GPIOR0 == 0x05)&(GPIOR1 == 0x00))      // vzestup na hladinu 1
{
    GPIOR1 = 0x05;                               // uložení hladiny 1
    GPIOR0 = 100;                                // uložení chybné hodnoty
    GSM_send(1);                                  // odeslání výstražné sms
}
else if((GPIOR0 == 0x10)&(GPIOR1 == 0x05))      // vzestup na hladinu 2
{
    GPIOR1 = 0x10;                               // uložení hladiny 2
    GPIOR0 = 100;                                // uložení chybné hodnoty
    GSM_send(2);                                  // odeslání výstražné sms
}
else if((GPIOR0 == 0x10)&(GPIOR1 == 0x10))      // sestup na hladinu 1
{
    GPIOR1 = 0x05;                               // uložení hladiny 1
    GPIOR0 = 100;                                // uložení chybné hodnoty
    GSM_send(3);                                  // odeslání výstražné sms
}
else if((GPIOR0 == 0x15)&(GPIOR1 == 0x10))      // vzestup na hladinu 3
{
    GPIOR1 = 0x15;                               // uložení hladiny 3
    GPIOR0 = 100;                                // uložení chybné hodnoty
    GSM_send(4);                                  // odeslání výstražné sms
}
else if((GPIOR0 == 0x15)&(GPIOR1 == 0x15))      // sestup na hladinu 2
{
    GPIOR1 = 0x10;                               // uložení hladiny 2
    GPIOR0 = 100;                                // uložení chybné hodnoty
    GSM_send(5);                                  // odeslání výstražné sms
}
else if(((GPIOR0 == 0x10)&(GPIOR1 == 0x00))||((GPIOR0 == 0x15)&(GPIOR1 ==
0x00))||((GPIOR0 == 0x15)&(GPIOR1 == 0x05))||((GPIOR0 == 0x00)&(GPIOR1 ==
0x10))||((GPIOR0 == 0x00)&(GPIOR1 == 0x15))||((GPIOR0 == 0x05)&(GPIOR1 ==
0x15))||((GPIOR0 == 100)))
// podmínky pro chybné stavy

{
    GSM_send(6);                                  // odeslání výstražné sms
}
EIMSK = (1<<INT2) | (1<<INT1) | (1<<INT0);      // povolení přerušení

```

### 7.1.1.3 Měření baterie

Jedním z bodů zadání práce je autonomní napájení. Z něj vychází nutnost použití baterie a jejího solárního dobíjení. To ovšem nemůže zaručit 100% funkčnost, ať z pohledu dlouhodobě nepříznivého počasí, zastínění solárního článku, poruchy, vandalizmu. Proto se nabízí využití A/D převodníku procesoru k měření napětí baterie a tuto informaci přikládat k zprávě o stavu hladiny.

Atmega644 nabízí 10 bitový A/D převodník. Dále nabízí i interní napěťovou referenci. Měřené napětí je přiváděno přes odporový dělič na pin s označení ADCn.

Nastavení A/D převodníku slouží několik registrů procesoru. A to:

- ADMUX
- ADCH
- ADCSRA
- ADCSRB
- ADCL
- DIR0

#### Registr ADMUX - ADC Multiplexer Selection Register

| Bit           | 7   | 6     | 5    | 4    | 3    | 2    | 1    | 0   |       |       |       |      |      |      |      |      |       |
|---------------|---|-------|------|------|------|------|------|-----|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| (0x7C)        | <table><tr><td>REFS1</td><td>REFS0</td><td>ADLAR</td><td>MUX4</td><td>MUX3</td><td>MUX2</td><td>MUX1</td><td>MUX0</td></tr></table> |       |      |      |      |      |      |     | REFS1 | REFS0 | ADLAR | MUX4 | MUX3 | MUX2 | MUX1 | MUX0 | ADMUX |
| REFS1         | REFS0   | ADLAR | MUX4 | MUX3 | MUX2 | MUX1 | MUX0 |     |       |       |       |      |      |      |      |      |       |
| Read/Write    | R/W   | R/W   | R/W  | R/W  | R/W  | R/W  | R/W  | R/W |       |       |       |      |      |      |      |      |       |
| Initial Value | 0   | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0   |       |       |       |      |      |      |      |      |       |

Obr. 7.2: Registr ADMUX[5]

Nastavením bitů **REFS1** a **REFS0** je volena napěťová reference. Atmega644 má 4 možnosti nastavení.

Bit **ADLAR** slouží k nastavení prezentace hodnoty ADC Data registru. Zápis logické jedničky nastaví úpravu hodnoty ADC doleva, v případě logické nula doprava.

Bity **MUX** slouží k volbě analogového kanálu a zesílení.

#### Registr ADCSRA – ADC Control and Status Register A

| Bit           | 7  | 6     | 5    | 4    | 3     | 2     | 1     | 0   |      |      |       |      |      |       |       |       |        |
|---------------|--|-------|------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| (0x7A)        | <table><tr><td>ADEN</td><td>ADSC</td><td>ADATE</td><td>ADIF</td><td>ADIE</td><td>ADPS2</td><td>ADPS1</td><td>ADPS0</td></tr></table> |       |      |      |       |       |       |     | ADEN | ADSC | ADATE | ADIF | ADIE | ADPS2 | ADPS1 | ADPS0 | ADCSRA |
| ADEN          | ADSC   | ADATE | ADIF | ADIE | ADPS2 | ADPS1 | ADPS0 |     |      |      |       |      |      |       |       |       |        |
| Read/Write    | R/W  | R/W   | R/W  | R/W  | R/W   | R/W   | R/W   | R/W |      |      |       |      |      |       |       |       |        |
| Initial Value | 0  | 0     | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0   |      |      |       |      |      |       |       |       |        |

Obr. 7.3: Registr ADCSRA[5]

- bit **ADEN** povoluje činnost A/D převodníku
- bit **ADSC** slouží ke startu převodu
- bit **ADATE** nastavuje automatické spouštění A/D převodníku
- bit **ADIF** je příznakem přerušení od A/D převodníku
- bit **ADIE** povoluje přerušení od A/D převodníku
- bity **ADPS 2:0** se volí velikost děličky

### Registr ADCL a registr ADCH

V těchto registrech je uložena výsledná hodnota A/D převodu.

V případě varovné jednotky je nastavena interní napěťová reference 2,56V, je vybrán kanál ADC0 a nastavena dělička 8. Nastavení probíhá při inicializaci A/D převodníku. Inicializace a následné spuštění převodu je uvedeno v následující ukázce kódu.

```
void adc_init(void)
{
    ADMUX = (3<<REFS) | (0<<ADLAR) | (0<<AMUX);
    ADCSRA = (1<<ADEN) | (1<<ADSC) | (0<<ADTE) | (3<<ADPS);

    return;
}
```

Pro vyčtení hodnoty převodu byla vytvořena funkce `adc_read()`. Tato funkce vrací hodnotu změřeného napětí.

```
int adc_read()
{
    while(ADCSRA & 0b01000000); // start převodu
    int adc_result = ((ADCL) | ((ADCH)<<8)); // vyčtení hodnoty
    adc_result = ((adc_result*256)/512); // přepočet hodnoty

    return adc_result;
}
```

#### 7.1.1.4 Externí přerušení

Ke sledování změn hladiny je navrženo použití plovákových snímačů. Tyto snímače fungují jako spínače. Pro jejich vyhodnocení je vhodné připojení k pinům mikrokontroléru, které podporují externí přerušení. Vyvolání přerušení slouží k probuzení mikrokontroléru ze sleep režimu, ale také k nastavení aktuální hladiny.

K nastavení externího přerušení slouží několik registrů.



## Registr EICRA – External Interrupt Control Register A

|               |   |   |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Bit           | 7 | 6 | 5     | 4     | 3     | 2     | 1     | 0     |       |
| (0x69)        | – | – | ISC21 | ISC20 | ISC11 | ISC10 | ISC01 | ISC00 | EICRA |
| Read/Write    | R | R | R/W   | R/W   | R/W   | R/W   | R/W   | R/W   |       |
| Initial Value | 0 | 0 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |       |

Obr. 7.4: Registr EICRA[5]

ATmega644 podporuje externí přerušení od 3 zdrojů. V kontrolním registru **EICRA** jsou dva bity rezervované. Bity 5:0 se upřesňuje reakce na externí přerušení. Protože je hladina sledována při vzestupu, ale i při sestupu, je zvolena hodnota reakce na jakoukoliv hranu.

## Registr EIMSK – External Interrupt Mask Register

|               |   |   |   |   |   |      |      |      |       |
|---------------|---|---|---|---|---|------|------|------|-------|
| Bit           | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2    | 1    | 0    |       |
| 0x1D (0x3D)   | – | – | – | – | – | INT2 | INT1 | INT0 | EIMSK |
| Read/Write    | R | R | R | R | R | R/W  | R/W  | R/W  |       |
| Initial Value | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0    | 0    | 0    |       |

Obr. 7.5: Registr EIMSK[5]

V registru **EIMSK** jsou rezervované bity 7:3. Bity 2:0 slouží k povolení jednotlivých externích přerušení.

## Registr EIFR – External Interrupt Flag Register

Registr **EIFR** je stavový registr externího přerušení. První tři bity slouží jako ukazatelé vyvolaného přerušení od externího zdroje. Bity 7:3 jsou rezervované.

|               |     |   |   |   |   |       |       |       |      |
|---------------|-----|---|---|---|---|-------|-------|-------|------|
| Bit           | 7   | 6 | 5 | 4 | 3 | 2     | 1     | 0     |      |
| 0x1C (0x3C)   | –   | – | – | – | – | INTF2 | INTF1 | INTF0 | EIFR |
| Read/Write    | R/W | R | R | R | R | R/W   | R/W   | R/W   |      |
| Initial Value | 0   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0     | 0     | 0     |      |

Obr. 7.6: Registr EIFR[5]

Při inicializaci externího přerušení je nastavena reakce na přerušení a následně povolena všechna přerušení.

### 7.1.1.5 USART

Použití asynchronního přijímače vysílače je navrženo pro komunikaci s GSM

modulem. K nastavení slouží registry UCSRnA, UCSRnB, UCSRnC, UDRn, UBRRnL a UBRRnH. Registr UDRn slouží jako buffer pro příjem i vysílání dat.

### Registr UDRn – USART I/O Data Register n

|               |          |     |     |     |     |     |     |     |              |
|---------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
| Bit           | 7        | 6   | 5   | 4   | 3   | 2   | 1   | 0   |              |
|               | RXB[7:0] |     |     |     |     |     |     |     | UDRn (Read)  |
|               | TXB[7:0] |     |     |     |     |     |     |     | UDRn (Write) |
| Read/Write    | R/W      | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W | R/W |              |
| Initial Value | 0        | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |              |

Obr. 7.7: Registr UDRn[5]

### Registr UCSRnA – USART Control and Status Register A

|               |      |      |       |                 |                  |      |                  |                   |        |
|---------------|------|------|-------|-----------------|------------------|------|------------------|-------------------|--------|
| Bit           | 7    | 6    | 5     | 4               | 3                | 2    | 1                | 0                 |        |
|               | RXCn | TXCn | UDREn | FE <sub>n</sub> | DOR <sub>n</sub> | UPEn | U2X <sub>n</sub> | MPCM <sub>n</sub> | UCSRnA |
| Read/Write    | R    | R/W  | R     | R               | R                | R    | R/W              | R/W               |        |
| Initial Value | 0    | 0    | 1     | 0               | 0                | 0    | 0                | 0                 |        |

Obr. 7.8: Registr UCSRnA[5]

- bit **RXC** je příznak kompletního příjmu
- bit **TXC** je příznak kompletního vyslání
- bit **UDRE** je příznak připravenosti pro příjem nových dat
- bit **FE** je příznak chyby rámce
- bit **DOR** je příznak přetečení bufferu
- bit **UPE** je příznak chyby parity
- bit **U2X** slouží k nastavení dvojnásobné rychlosti
- bit **MPCM** povoluje Multi-procesor komunikační mód

### Registr UCSRnB – USART Control and Status Register n B

|               |                    |                    |                    |                   |                   |                    |                   |                   |        |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------|
| Bit           | 7                  | 6                  | 5                  | 4                 | 3                 | 2                  | 1                 | 0                 |        |
|               | RXCIE <sub>n</sub> | TXCIE <sub>n</sub> | UDRIE <sub>n</sub> | RXEN <sub>n</sub> | TXEN <sub>n</sub> | UCSZ <sub>n2</sub> | RXB8 <sub>n</sub> | TXB8 <sub>n</sub> | UCSRnB |
| Read/Write    | R/W                | R/W                | R/W                | R/W               | R/W               | R/W                | R                 | R/W               |        |
| Initial Value | 0                  | 0                  | 0                  | 0                 | 0                 | 0                  | 0                 | 0                 |        |

Obr. 7.9: Registr UCSRnB[5]

- bit **RXCIE** slouží k povolení přerušení od kompletního příjmu

- bit **TXCIE** povoluje přerušení od kompletního vyslání
- bit **UDRIE** povoluje přerušení od připravenosti příjmu nových dat
- bit **RXEN** povoluje přijímač
- bit **TXEN** povoluje vysílač
- bit **UCSZ2** slouží k nastavení velikosti dat
- bit **RXB8** je přijatý 8 bit při nastavení velikosti dat 9 bitů
- bit **TXB8** je vyslaný 8 bit při nastavení velikosti dat 9 bitů

### Registr UCSRnC – USART Control and Status Register n C

|               |         |   |         |   |       |   |       |   |        |
|---------------|---------|---|---------|---|-------|---|-------|---|--------|
| Bit           | 7       | 6 | 5       | 4 | 3     | 2 | 1     | 0 |        |
|               | UMSELn1 |   | UMSELn0 |   | UPMn1 |   | UPMn0 |   | UCSRnC |
| Read/Write    | R/W     |   | R/W     |   | R/W   |   | R/W   |   |        |
| Initial Value | 0       |   | 0       |   | 1     |   | 0     |   |        |

Obr. 7.10: Registr UCSRnC[5]

- bity **UMSEL1:0** nastavují mód komunikace USART
- bity **UPM1:0** nastavují paritu přenosu
- bit **USBS** nastavuje počet stop bitů
- bit **UCSZ1:0** společně s **UCSZ2** nastavují délku dat

### Registr UBRRnL a UBRRnH – USART Baud Rate Registers)

| Bit           | 15        | 14  | 13  | 12  | 11         | 10  | 9   | 8   |        |
|---------------|-----------|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|--------|
|               | –         | –   | –   | –   | UBRR[11:8] |     |     |     | UBRRHn |
|               | UBRR[7:0] |     |     |     |            |     |     |     | UBRRLn |
|               | 7         | 6   | 5   | 4   | 3          | 2   | 1   | 0   |        |
| Read/Write    | R         | R   | R   | R   | R/W        | R/W | R/W | R/W |        |
|               | R/W       | R/W | R/W | R/W | R/W        | R/W | R/W | R/W |        |
| Initial Value | 0         | 0   | 0   | 0   | 0          | 0   | 0   | 0   |        |
|               | 0         | 0   | 0   | 0   | 0          | 0   | 0   | 0   |        |

Obr. 7.11: Registr UBRRnL a UBRRnH[5]

Tento register slouží pro nastavení USART Baud Rate. Hodnota registru je vypočtena dle následujícího vztahu ze znalosti frekvence hodinového signálu a požadované Baud Rate.

$$UBRR = \frac{f_{osc}}{8 * BAUDRATE} - 1 = \frac{1000000}{8 * 9600} - 1 = 12 \quad (6)$$

Formát USART komunikace varovné jednotky s GSM je nastavena jako asynchronní, 8 bitů, 1stop bit. Baud Rate je nastavena 9600. Kompletní nastavení je opět řešeno vlastní funkcí pro inicializaci.

```
void USART0_Init( void)
{
    UBRR0H = (unsigned char) (myubrr>>8);
    UBRR0L = (unsigned char) (myubrr);
    UCSR0A = (1<<U2X);
    UCSR0B = (1<<RXCIE) | (0<<TXCIE) | (0<<UDRIE) | (1<<RXEN) | (1<<TXEN);
    UCSR0C = (0<<UMSEL1) | (0<<UMSEL0) | (0<<USBS) | (1<<UCSZ1) | (1<<UCSZ0);

    return;
}
```

Aby byla zajištěna minimální spotřeba během spánku, je nutné USART linku inicializovat po probuzení a před usmáním zase vypnout.

#### 7.1.1.6 **Zadávání AT příkazů**

K zadávání AT příkazu pro GSM modul je využito funkce printf() obsažené v knihovně stdio.h. Funkce vypisuje zadaný znakový obsah na USART linku. Po zadání každého AT příkazu je nutné čekat na přijetí různého počtu znaků 0x0A, aby byl zadaný příkaz správně proveden. Sledováním počtu těchto znaků je docíleno efektivního zadávání příkazů. Čekání je realizováno smyčkou while(). Zadání příkazu a čekací smyčka je uvedena v následující ukázce kódu.

```
printf("ATZ0\n");           // odeslání příkazu
uk=0;                       // vynulování počtu přijatých znaků 0x0A
while(uk!=2);               // čekání na přijetí dvou znaků
```

Počítání přijatých znaků 0x0A je sledováno v přerušení od přijímače.

```
ISR(USART0_RX_vect)
{
    unsigned char data;           // deklarace proměnné

    while ( !(UCSR0A & (1<<RXC)) ); // čekání na dokončení příjmu
    data=UDR0;                   // uložení přijatého znaku

    if(data==0x0A)               // sledování příjmu znaku 0x0A
    {
        uk=uk+1;                 // zvýšení počtu znaku 0x0A
    }

    return;
}
```

### 7.1.1.7 Formát výstražné sms

Komunikace mezi varovnou a centrální jednotkou je navržena pomocí textových sms zpráv. Zpráva musí být jednoznačná a nezáměnná. Musí obsahovat číslo čidla, typ výstražné události, napětí baterie.

*Zvolený formát zprávy: SV-<číslo čidla>-V<číslo stavu>-<napětí>*

Tab. 7.2: Tabulka výstražných stavů

| Číslo stavu | Stav                       |
|-------------|----------------------------|
| 0           | Sestup hladiny na úroveň 0 |
| 1           | Vzestup na hladinu 1       |
| 2           | Vzestup na hladinu 2       |
| 3           | Sestup na hladinu 1        |
| 4           | Vzestup na hladinu 3       |
| 5           | Sestup na hladinu 2        |
| 6           | Chyba jednotky             |

### 7.1.1.8 Odeslání výstražné sms

Po vyhodnocení změny hladiny následují operace vyčtení čísla čidla a měření napětí baterie. Vytvořená funkce pro odeslání výstražné sms obsahuje tyto dvě operace. Z důvodů dosažení nízké spotřeby je nutné po dokončení převodu zakázat A/D převodník, ale také po dokončení komunikace s GSM modulem zakázat USART linku. Pro opětovné použití je zapotřebí opětovně na začátku funkce odeslání sms tyto periferie inicializovat. Před samotným odesláním výstražné sms je inicializován i GSM modul. Zdrojový kód funkce pro odeslání sms je uveden v následující ukázce.

```
void GSM_send(int sms)
{
    USART0_Init();           // inicializace uart linky
    adc_init();              // inicializace AD převodníku
    GSM_power();             // zapnutí GSM modulu
    GSM_init();              // inicializace GSM modulu

    printf("AT+CMGS=");     // AT příkaz pro odeslání sms
    putchar(' ');           // zápis uvozovek
    printf("+420606133699"); // zadání telefonního čísla
    putchar(' ');           // zápis uvozovek
    printf("\n");           // ukončení řádku
    _delay_ms(200);         // zpoždění 200ms
    printf("SV-");          // vložení začátku sms
```

```

int cn_i=read_num();           // vyčtení čísla čidla
char cn_ch[10];               // definování pole znaků
itoa(cn_i, cn_ch, 10);        // převod čísla čidla na znak
printf(cn_ch) ;              // zapsání čísla čidla
printf("-V");                 // vložení stavu hladiny
char stav[10];                // definování pole znaků
itoa(sms, stav, 10);          // převod hodnoty stavu hladiny
printf(stav);                 // vložení označení stavu

int napeti = adc_read();       // vyčtení napětí baterie
char batt[10];                // definování pole znaků
itoa(napeti, batt, 10);        // převod napětí na znaky

printf("-");                  // vložení -
printf(batt);                  // vložení napětí

while(!(UCSR0A & (1<<UDRE))); // čekání na vyprázdnění
_delay_ms(500);                // zpoždění 500ms

putchar(0x1A);                 // potvrzovací znak CTRL+Z

uk=0;                          // vynulování počtu znaků 0x0A
while(uk!=1);                  // čekání na příjem znaku 0x0A

uk=0;                          // vynulování počtu znaků 0x0A

GSM_power();                   // vypnutí GSM modulu
USART0_poweroff();             // zakázání uart linky
adc_poweroff();                // zakázání AD převodníku

return;

}

```

## 7.1.2 Řídící software centrální jednotky

Centrální jednotka je trvale zapnutá a čeká na příchod výstražných zpráv od varovných jednotek. Jednotka spustí příslušnou světelnou a zvukovou signalizaci. Zprávu přečte a vyhodnotí k jaké došlo změně stavu hladiny u daného čidla. Signalizace je ukončena stiskem tlačítka. Vývojový diagram je na obrázku 7.12.

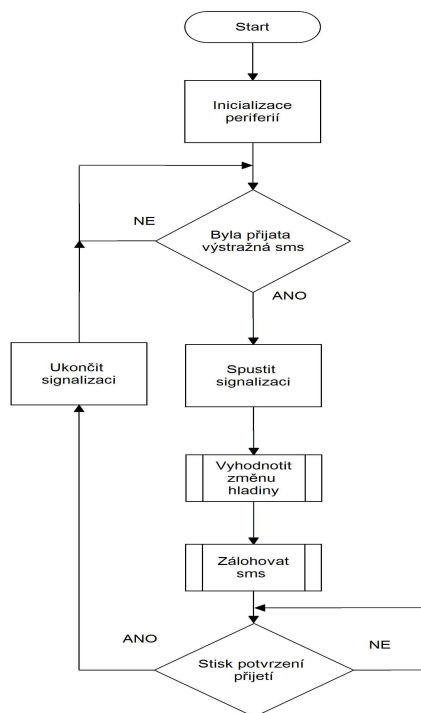
Centrální jednotka je vybavena 6 ovládacími tlačítky. Ty nastavují vypnutí/zapnutí sirény, vypnutí/zapnutí rele, vypnutí/zapnutí podsvícení LCD. Další tlačítka slouží k odeslání testovací sms a k potvrzení příjmu výstražné sms.

Jednotka rozpoznává zprávy od 4 varovných jednotek. Když všechny varovné jednotky hlásí 1 stav hladiny, odešle centrální jednotka výstražnou zprávu starostovi obce.

### 7.1.2.1 Test přijetí výstražné sms

Řídící program centrální jednotky vyhodnocuje příjem výstražné sms v obsluze přerušení přijímače USART. Pro posílání AT příkazů do GSM modulu je v tomto přerušení také sledováno přijetí znaku 0x0A. Přijaté znaky ukládá do pole znaků, které

rotuje při každém nově přijatém znaku. Pomocí jednoduché podmínky se testuje obsah pole. Když pole obsahuje znaky +CMTI, byla GSM modulem přijata sms. V obsluze přerušení je dále testován i obsah přijaté zprávy. Pokud obsah vyhovuje porovnávací podmínce, je spuštěna signalizace příslušného stavu varovné jednotky.



Obr. 7.12: Vývojový diagram centrální jednotky

Ukázka obsluhy přerušení přijímače USART1:

```

ISR(USART1_RX_vect)
{
    unsigned char data; // deklarace pomocne promenne

    while ( !(UCSR1A & (1<<RXC)) ); // cekani na dokonecni prijmu
    data=UDR1; // ulozeni prijateho znaku

    if(data==0x0A) // sledovani prijmu znaku 0x0A
    {
        uk=uk+1; // zvyseni poctu prijatych znaku
    }

    for(int w=0;w<32;w++) // cyklus pro rotaci pole znaků
    {
        pole[w] = pole[w+1];
    }
    pole[32] = data; // uložení aktuálního znaku
}
  
```

```

if((pole[20]==0x2B)&&(pole[21]==0x43)&&(pole[22]==0x4D)&&(pole[23]==0x54)&
&(pole[24]==0x49)) // test přijetí sms
{
    cislo_sms = pole[32]; // uložení čísla sms
    hlaseni = 1; // nastavení příznaku hlášení
}
if((pole[14]==0x53)&&(pole[15]==0x56)) // test obsahu sms
{
    vyhodnoceni=1; // nastavení příznaku vyhodn..
    cidlo = pole[17]; // vyčtení čísla čidla
    vystraha = pole[20]; // vyčtení výstrahy
    baterie[0] = pole[22]; // vyčtení napětí
    baterie[1] = pole[23]; // vyčtení napětí
    baterie[2] = pole[24]; // vyčtení napětí
}
if(flag_usb==10) // test povolení přeposílání USB
{
    while(!(UCSR0A & (1<<UDRE))); // čekání na vyprázdnění registru
    UDR0=data; // vyslání dat na USART0
}

return;
}

```

Příznak „hlaseni“ spustí signalizaci a následné vyčtení a vyhodnocení přijaté výstražné zprávy.

### 7.1.2.2 Vyčtení výstražné sms

Vyčtení zprávy je realizováno zapsáním AT příkazu pro čtení sms. Parametrem tohoto příkazu je pořadové číslo sms. To bylo uloženo do proměnné „cislo\_sms“ při vyhodnocení příjmu sms v obsluze přerušení USART. Pro vyčtení zprávy byla definována vlastní funkce v následné ukázce programu.

```

void zjististi_stav(void)
{
    LCD_vypis(9); // výpis obrazovky 9 na LCD
    if((cislo_sms>0x29)&(cislo_sms<0x40)) // test čísla sms
    {
        printf("AT+CMGR="); // AT příkaz čtení sms
        putchar(cislo_sms); // zadání čísla sms
        printf("\n");

        uk=0; // vynulování
        while(uk!=3); // čekání na příjem znaku 0x0A
        stav_prijeti = 1;
    }
    else
    {
        LCD_vypis(7); // výpis obrazovky 9 na LCD
        stav_prijeti = 0;
    }

    return;
}

```

Program po zadání AT příkazu čtení čeká na příjem 3 znaků 0x0A. Tyto znaky jsou



zasílány v textu odpovědi na příkaz čtení sms. Vyhodnocení zprávy a vyčtení parametrů zajišťuje obsluha přerušení od USART linky.

### 7.1.2.3 *Vyhodnocení stavu*

Definovaný formát výstražné zprávy již obsahuje typ události a číslo varovné jednotky. Centrální jednotka již definuje pouze stav příslušné signalizační LED pro vybranou varovnou jednotku. Následující ukázka představuje část funkce vyhodnocení sestupu na hladinu 0.

```
if((vystraha=='0')&&(cidlo=='1'))
{
    PORTA|=(1<<0);
    PORTA|=(1<<1);
    flag_cidlo1 = 0;
}
else if((vystraha=='0')&&(cidlo=='2'))
{
    PORTA|=(1<<2);
    PORTA|=(1<<3);
    flag_cidlo2 = 0;
}
else if((vystraha=='0')&&(cidlo=='3'))
{
    PORTA|=(1<<4);
    PORTA|=(1<<5);
    flag_cidlo3 = 0;
}
else if((vystraha=='0')&&(cidlo=='4'))
{
    PORTA|=(1<<6);
    PORTA|=(1<<7);
    flag_cidlo4 = 0;
}
```

### 7.1.2.4 *Tlačítka – externí přerušení*

K zajištění funkčnosti tlačítek je využito externího přerušení. V obsluze vyvolaného přerušení stiskem tlačítka je negován příznak ovládaného prvku. V přerušení od časovače jsou sledovány tyto příznaky a vyhodnoceny.

```
ISR(INT6_vect)                                     // button5 - podsviceni LCD
{
    if(flag_lcd==10)                                // test stavu podsviceni LCD
    {
        flag_lcd = 0;                               // vypnout podsviceni
    }
    else
    {
        flag_lcd = 10;                               // zapnout podsviceni
    }

    EIFR&= ~(1<<INTF6);                             // nulovani priznaku preruseni

    return;
```

### 7.1.2.5 Signalizace

Centrální jednotka je vybavena světelnou i zvukovou signalizací. Pro zajištění souběžného chodu bez vzájemného ovlivňování je ideální použití časovače. V obsluze přerušení časovače jsou počítány 1s intervaly. Dále obsluha obsahuje testy příznaků. Počítání časových intervalů řídí běh signalizačních LED a také frekvenci sirény.

#### Ukázka obsluhy časovače

```
ISR(TIMER2_OVF_vect)
{
    TIFR &= ~(1<<TOV2);           // vynulování flagu přerušení
    TCNT2 = 240;                   // přednastavená hodnota

    if (status_led!=0)              // blikání LED MCU_Status
    {
        PORTC &= ~(1<<7);
        status_led--;
    }
    else
    {
        PORTC |= (1<<7);
    }
    if (((lcd_light!=0)&(lcd_blik==10))|((flag_lcd==10)&(lcd_blik==0)))
    {                               // ovládání podsvícení LCD
        PORTC |= (1<<0);
        if(lcd_light!=0) lcd_light--;
    }
    else
    {
        PORTC &= ~(1<<0);
    }
    if(((us_pocet<sirena_kmitocet)&(flag_sir_e==10))&(pocet<500))
    {                               // generování sirény
        PORTD|=(1<<7);
    }
    else if((us_pocet%2)==0)
    {
        PORTD&=~(1<<7);
    }
    else
    {
        PORTD&=~(1<<7);
    }
    us_pocet++;

    if(us_pocet==(sirena_kmitocet*2))
    {
        us_pocet = 0;
    }
    pocet++;

    if(pocet==1000)                // definování sekundového flagu
    {
        pocet=0;
        flag_sec++;
    }
    return;
}
```

### 7.1.2.6 LCD

Centrální jednotka je vybavena LCD. Pro obsluhu je využívána knihovna lcd.h. Na LCD jsou vypisovány krátké informativní zprávy o činnosti zařízení. Jednotlivé zprávy byly rozděleny do obrazovek ve funkci LCD\_vypis(). Parametrem je číslo obrazovky. Vzor jedné obrazovky uveden v následující ukázce.

```
switch(lcd_stav)
{
    case 0:
        flag_lcd_src=0;                // vynulován flag obraz.
        lcd_clrscr() ;                 // smazání obrazovky
        lcd_gotoxy( 0,0 ) ;            // přesun kurzoru
        lcd_puts("    Varovani    ") ; // zápis text
        lcd_gotoxy( 0,1 ) ;            // přesun kurzoru
        lcd_puts("    odeslano    ") ; // zápis text
        break;
}
```

## 8 ZÁVĚR

Cílem této práce byl návrh a realizace výstražného systému před lokální povodní.

Koncept systému je založen na rozmístění varovných jednotek ve sledovaném území a centrální vyhodnocující jednotce. Navrhované použití systému je zaměřeno na úrovně sledování míst bez trvalého výskytu vody. Varovné jednotky při zatopení musí vyslat výstražnou zprávu centrální jednotce, která ji následně vyhodnotí.

Dle návrhu byla realizována funkční konstrukce varovné jednotky. Jednotka rozlišuje tři úrovně hladiny o výšce 5cm. Nosná konstrukce je přizpůsobena odolnosti pro použití ve venkovním prostředí.

Hlavním požadavkem na varovnou jednotku je autonomní napájení. To bylo realizováno využitím komerčně vyráběného solárního dobíjecího bloku pro mobilní zařízení. Jednotku bylo nutné optimalizovat pro nízkou spotřebu, a proto byly vybrány pro řízení nízkonapěťové procesory Atmega644 pro varovnou jednotku a Atmega128 pro jednotku centrální. Pro snížení spotřeby přechází v době nečinnosti procesor varovné jednotky do režimu spánku. V době spánku je odběr proudu varovné jednotky 120 uA.

Pro komunikaci mezi jednotkami zadání určuje použití bezdrátové technologie. Z pohledu již vybudované bezdrátové sítě s vysokým pokrytím je navrženo využití GSM sítě. Informace o změně hladiny je přenášena pomocí sms zpráv. K zajištění komunikace byl vybrán GSM modul SIM900. V době nečinnosti je modul zcela vypnut a zapíná se pouze na dobu nejnutnější pro odeslání varovné sms, což přináší značnou úsporu energie.

Vyslané varovné sms vyhodnocuje centrální jednotka. Jednotka je schopná rozlišit definované úrovně pro 4 varovné jednotky samostatně. Po přijetí varovné zprávy je spuštěna zvuková a světelná signalizace. Prvky signalizace je možné ovládat pomocí tlačítek. Pro vybrané stavy všech jednotek vysílá centrální jednotka výstražnou zprávu starostovi obce.

Dle návrhu řešení systému bylo sestaveno celkové obvodové zapojení jednotek. Podle navržených zapojení jednotek byly nakresleny a realizovány desky plošných spojů. Osazené desky byly doplněny o řídicí software mikroprocesorů a sestaveny do finální podoby prototypů.

Simulací zvýšení hladiny byla ověřena funkčnost vyslání a následného vyhodnocení varovné zprávy. Dále byla testována výdrž autonomního napájení varovné jednotky. Použitý solární blok se projevil jako nedostatečný a je nutná jeho výměna.

Vhodným pokračováním práce je úprava solárního bloku. Následná realizace více varovných jednotek a jejich test dlouhodobé spolehlivosti. Možným pokračováním je i rozšíření možností konfigurace centrální jednotky s využitím připojení k Pc.

# LITERATURA

- [1] ŠERCL, P. a kol. *Hydrologický průběh povodní* [online]. Dílčí zpráva Českého hydrometeorologického ústavu projektu Vyhodnocení povodní v červnu a červenci 2009 na území České republiky - [cit. 2.5.2010]. Dostupné na [www: <http://voda.chmi.cz/ps09/doc/03.pdf>](http://voda.chmi.cz/ps09/doc/03.pdf)
- [2] BRÁZDIL, R. *Meteorologické extrémy a povodně v České republice – Přirozený trend nebo následek globálního oteplování?* [online] - [cit. 2.5.2010]. Dostupné na [www: <http://www.kar.zcu.cz/texty/Brazdil2002.htm>](http://www.kar.zcu.cz/texty/Brazdil2002.htm)
- [3] Historická data - meteorologie a klimatologie [online]. Praha: Portál ČHMÚ, 1997-2010 - [cit. 3.5.2010]. Dostupné na [www: <http://portal.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P3\\_0\\_Informace\\_pro\\_Vas/P3\\_3\\_Historicka\\_data/P3\\_3\\_1\\_Pocasi/P3\\_3\\_1\\_1\\_Zakl\\_Info&last=false>](http://portal.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P3_0_Informace_pro_Vas/P3_3_Historicka_data/P3_3_1_Pocasi/P3_3_1_1_Zakl_Info&last=false)
- [4] Hustota látek – Wikipedie [online] - [cit. 31.12.2010]. Dostupné na [www: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Hustoty\\_l%C3%A1tek>](http://cs.wikipedia.org/wiki/Hustoty_l%C3%A1tek)
- [5] Atmel: Datasheet Atmega644 [online]-[cit.31.12.2010]. Dostupné na [www: <http://www.atmel.com/Images/doc2593.pdf>](http://www.atmel.com/Images/doc2593.pdf)
- [6] Návod pro konstrukci programátoru  
<[http://www.urel.feec.vutbr.cz/web\\_documents/dilna/BiProg/biprog\\_urel.pdf](http://www.urel.feec.vutbr.cz/web_documents/dilna/BiProg/biprog_urel.pdf)>
- [7] Zákon č. 254 ze dne 28. června 2001 *o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)* [online] - [cit. 2.5.2012]. Dostupný na [www: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5794>](http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5794).
- [8] KOČMAN T., KUBÁT J., MUSIL P. *Lokální výstražné a varovné systémy v ochraně před povodněmi* [online]. Příručka Ministerstva životního prostředí a Státního fondu životního prostředí České republiky. Dostupná na [www: <http://www.povis.cz/mzp/131/LVVS.pdf>](http://www.povis.cz/mzp/131/LVVS.pdf)
- [9] Odborné pokyny Hlásné a předpovědní povodňové služby – povodňová služba [online] – [cit.2.5.2012]. Dostupné na [www: <http://hydro.chmi.cz/hpps/doc/pdf/povodnova\\_sluzba.pdf>](http://hydro.chmi.cz/hpps/doc/pdf/povodnova_sluzba.pdf)
- [10] ATMEL: Datasheet Atmega128 [online]-[cit.31.12.2010]. Dostupné na [www: <http://www.atmel.com/Images/doc2467.pdf>](http://www.atmel.com/Images/doc2467.pdf)
- [11] MICROCHIP: Datasheet MCP1801-3,3 [online]-[cit.24.01.2012]. Dostupné na [www: <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en530836>](http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en530836)
- [12] SIMCOM: Datasheet SIM900 [online]-[cit.27.11.2010]. Dostupné na [www: <http://www.simcom.us/product\\_detail.php?cid=1&pid=37>](http://www.simcom.us/product_detail.php?cid=1&pid=37)
- [13] SVOBODA, L. Elektronicky laděná smyčková anténa pro kmitočty do 30 MHz. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 36 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Tomáš Urbanec, Ph.D[online]-[cit.16.5.2012]. Dostupné na [www: <https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp\\_id=14624>](https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace?zp_id=14624)
- [14] SIMCOM: Hardware Design SIM900 [online]-[cit.27.11.2010]. Dostupné na [www: <http://www.simcom.us/act\\_admin/supportfile/SIM900\\_HD\\_V1.01\(091226\).pdf>](http://www.simcom.us/act_admin/supportfile/SIM900_HD_V1.01(091226).pdf)

- [15] SECTRON: Datasheet AO-AG-FXP07U [on-line] – [cit. 05.12.2011]. Dostupné na [www.<http://www.sectron.cz/produkty/249-anteny-interni/250-gsm-flexi-pcb/1109-antena-gsm-umts-flexibilni-penta-band-u-fl.html>](http://www.sectron.cz/produkty/249-anteny-interni/250-gsm-flexi-pcb/1109-antena-gsm-umts-flexibilni-penta-band-u-fl.html)
- [16] SPEZIAL ELECTROINC: AS1363 Ultra Low Drop-out lineární stabilizátor[on-line]-[cit.20.3.2012]. Dostupné na [www:<http://www.spezial.cz/news/as1363-ultra-low-dropout-voltage-regulator.html>](http://www.spezial.cz/news/as1363-ultra-low-dropout-voltage-regulator.html)
- [17] RAYSTAR: Datasheet RC1602B[on-line] – [cit.20.3.2012]. Dostupné na [www:<http://www.raystar-optronics.com/products-category-detail.php?lang=en&ProID=19>](http://www.raystar-optronics.com/products-category-detail.php?lang=en&ProID=19)
- [18] RAYSTAR: Image 1602B[on-line]-[Cit.25.3.2012]. Dostupné na [www:<www.Raystar-optronics.com/UserFiles/ProductImages/129913494001162191354.jpg>](http://www.Raystar-optronics.com/UserFiles/ProductImages/129913494001162191354.jpg)
- [19] FTDI Chip: Datasheet FT2232R [on-line]-[cit.15.04.2012]. Dostupný na [www:<http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS\\_FT232R.pdf>](http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf)
- [20] SIMCOM: AT Commands Set [online]-[cit.27.11.2010]. Dostupné na [www:<http://www.simcom.us/act\\_admin/supportfile/SIM900\\_ATC\\_V1.00.pdf>](http://www.simcom.us/act_admin/supportfile/SIM900_ATC_V1.00.pdf)
- [21] HUMLHANS, Jan. Inteligentní nabíječky. 1. vydání. Praha: BEN – technická literatura 2005. ISBN: 80-86056-83-X
- [22] MANN, Burkhard. C pro mikrokontroléry. Praha : BEN - technická literatura, 2004.
- [23] MATOUŠEK, D. Práce s mikrokontroléry Atmel AVR. Praha: BEN - technická literatura, 2003.

# SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

|        |                      |
|--------|----------------------|
| $F_v$  | vztlaková síla       |
| $V$    | objem                |
| $g$    | gravitační zrychlení |
| $\rho$ | hustota              |

|       |   |
|-------|---|
| ISP   | In-System Programming                       |
| MCU   | Microcontroller Unit                        |
| HW    | Hardware                                    |
| MŽP   | Ministerstvo životního prostředí            |
| HPS   | Hlásná povodňová služba                     |
| HPPS  | Hlásná a předpovědní povodňová služba       |
| ČHMÚ  | Český hydrometeorologický ústav             |
| SPA   | Stupeň povodňové aktivity                   |
| PPS   | Předpovědní povodňová služba                |
| LVS   | Lokální výstražný systém                    |
| MIS   | Místní informační systém                    |
| USART | Universal asynchronous receiver/transmitter |
| GSM   | Global systém for Mobile Communications     |
| LDO   | Low dropout                                 |
| PSRR  | Power supply rejection ratio                |
| MISO  | Master in Slave out                         |
| MOSI  | Master out Slave in                         |
| SCK   | Signal clock                                |
| LSB   | Least significant bit                       |
| MSB   | Most significant bit                        |
| ESR   | Equivalent Series Resistance                |
| DTE   | Data terminal Equipment                     |
| USB   | Universal serial bus                        |

|     |                       |
|-----|-----------------------|
| PCB | Printed Circuit Board |
| GND | zem                   |
| VCC | napájecí napětí       |
| RST | reset                 |

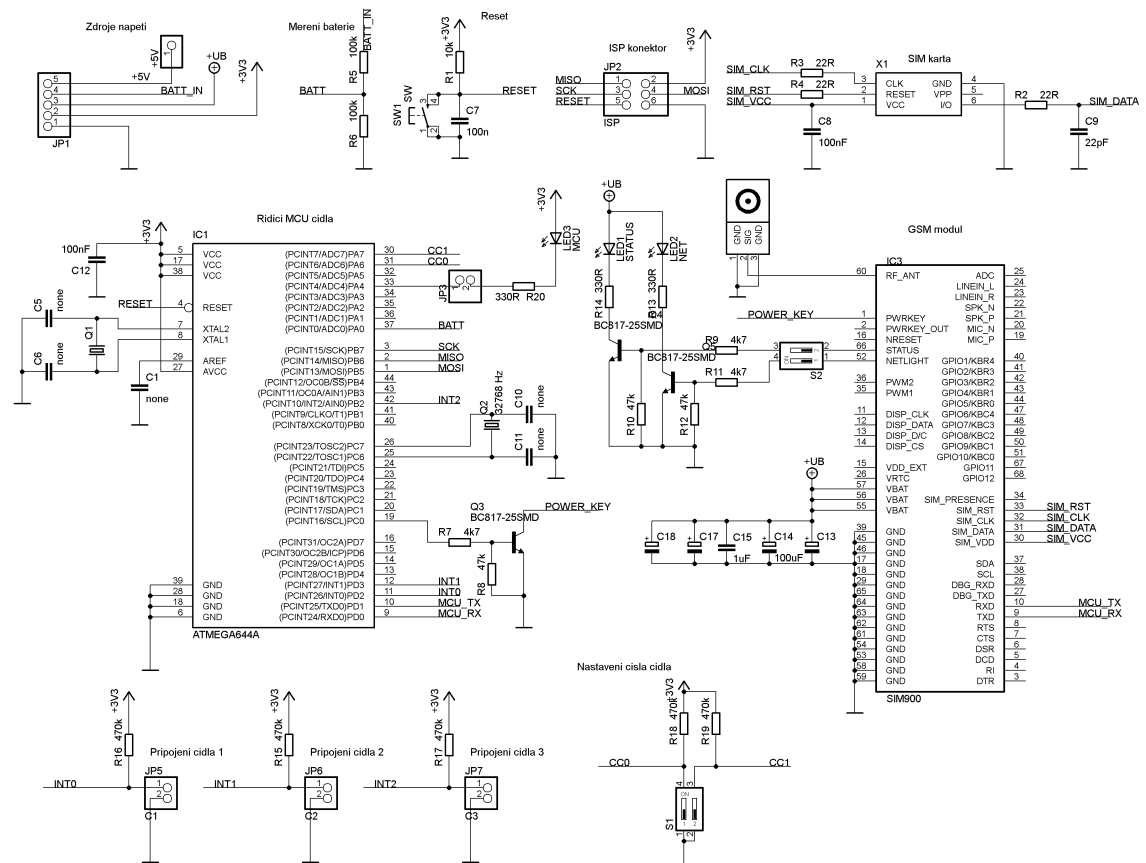


# SEZNAM PŘÍLOH

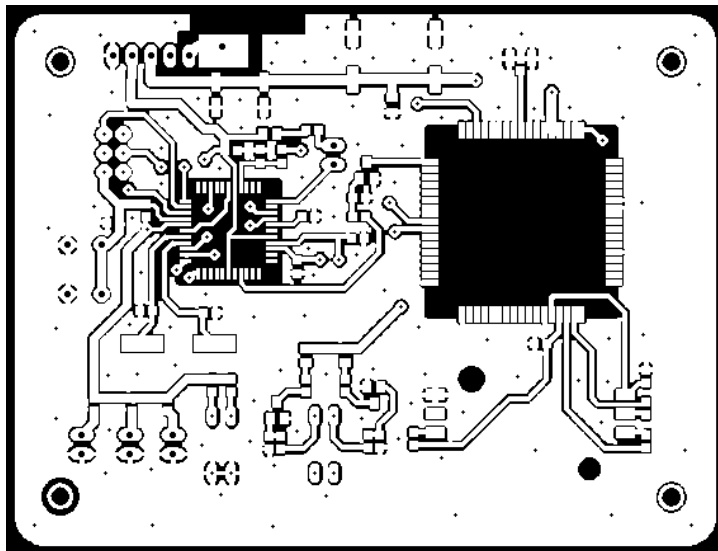
|   |           |
|---|-----------|
| <b>A Návrh zařízení</b>   | <b>66</b> |
| A.1 Obvodové zapojení varovné jednotky.....   | 66        |
| A.2 Deska plošného spoje varovné jednotky – top (strana součástek).....               | 67        |
| A.3 Deska plošného spoje varovné jednotky – bottom (strana spojů).....                | 67        |
| A.4 Obvodové zapojení napájení varovné jednotky.....                                  | 68        |
| A.5 Deska plošného spoje napájení varovné jednotky – top (strana součástek). 68       |           |
| A.6 Obvodové zapojení centrální jednotky.....   | 69        |
| A.7 Deska plošného spoje centrální jednotky – top (strana součástek).....             | 70        |
| A.8 Deska plošného spoje centrální jednotky – bottom (strana spojů).....              | 71        |
| A.9 Obvodové zapojení klávesnice centrální jednotky.....                              | 72        |
| A.10 Deska plošného spoje klávesnice centrální jednotky – top (strana součástek)..... | 72        |
| A.11 Deska plošného spoje klávesnice centrální jednotky – bottom (strana spojů)       | 72        |
| B.1 Mapa znaků LCD[17].....   | 73        |
| B.2 Instrukční sada LCD[17].....  | 74        |
| B.3 Rozmístění pinů procesoru Atmega644[5].....                                       | 75        |
| B.4 Rozmístění pinů procesoru Atmega128[10].....                                      | 76        |
| B.5 Rozmístění pinů GSM modulu SIM900[14].....  | 77        |
| B.6 Rozmístění pinů obvodu FT232R[19].....  | 78        |
| <b>C Seznam součástek</b>   | <b>79</b> |
| C.1 Seznam součástek varovné jednotky.....  | 79        |
| C.2 Seznam součástek centrální jednotky.....  | 81        |
| <b>D Fotografie</b>   | <b>85</b> |
| D.1 Fotografie řídicí a napájecí části varovné jednotky.....                          | 85        |
| D.2 Rozmístění součástí varovné měřicí jednotky.....                                  | 86        |
| D.3 Sestavená centrální jednotka.....   | 87        |

## A NÁVRH ZAŘÍZENÍ

## A.1 Obvodové zapojení varovné jednotky

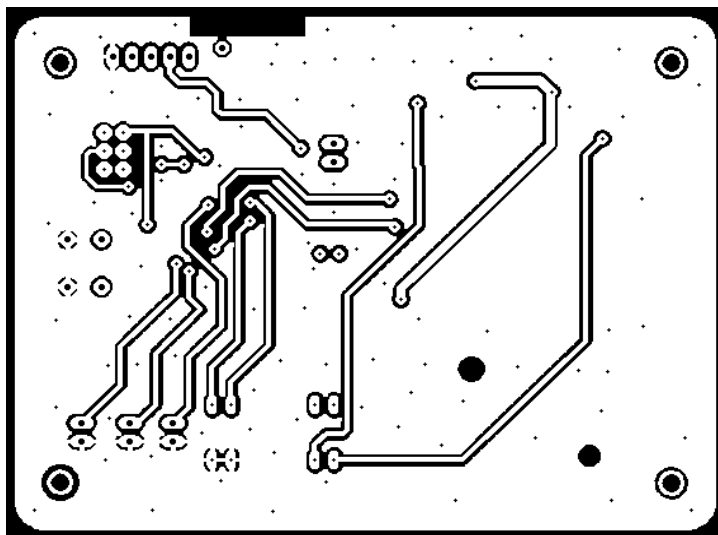


## A.2 Deska plošného spoje varovné jednotky – top (strana součástek)



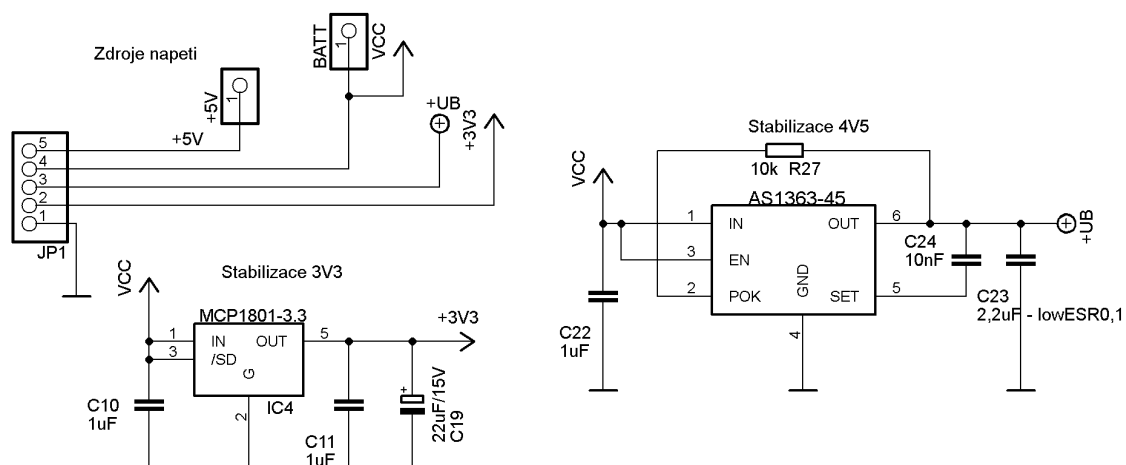
Rozměr desky 95 x 72 [mm], měřítko M1:1

## A.3 Deska plošného spoje varovné jednotky – bottom (strana spojů)

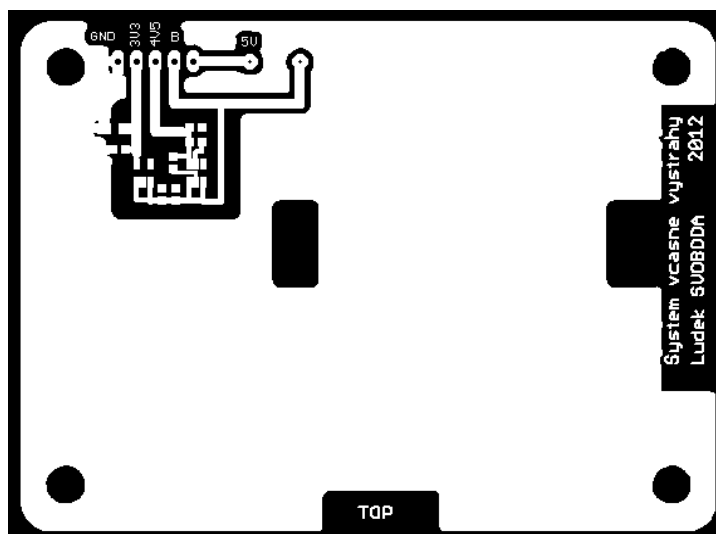


Rozměr desky 95 x 72 [mm], měřítko M1:1

## A.4 Obvodové zapojení napájení varovné jednotky

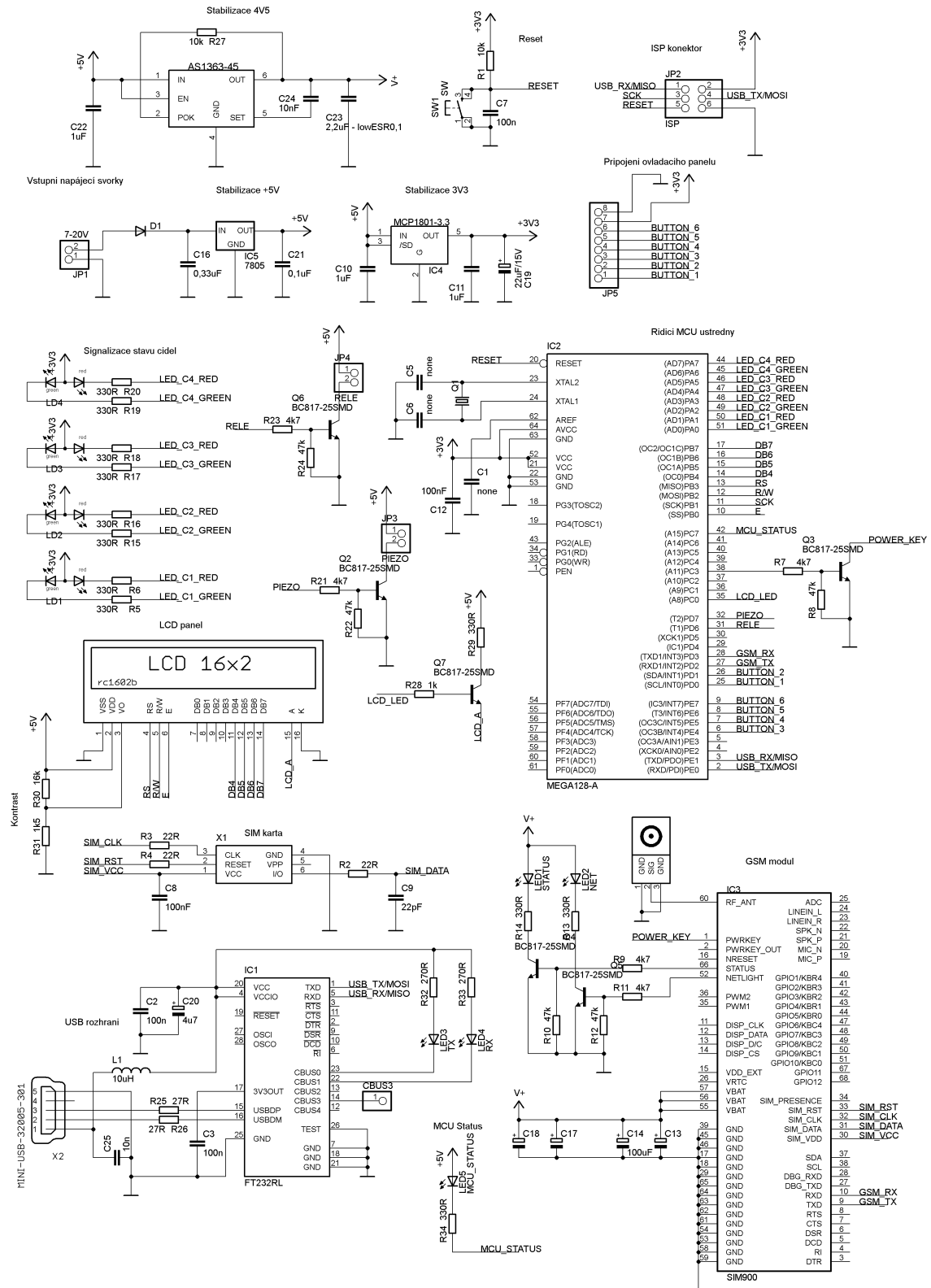


## A.5 Deska plošného spoje napájení varovné jednotky – top (strana součástek)

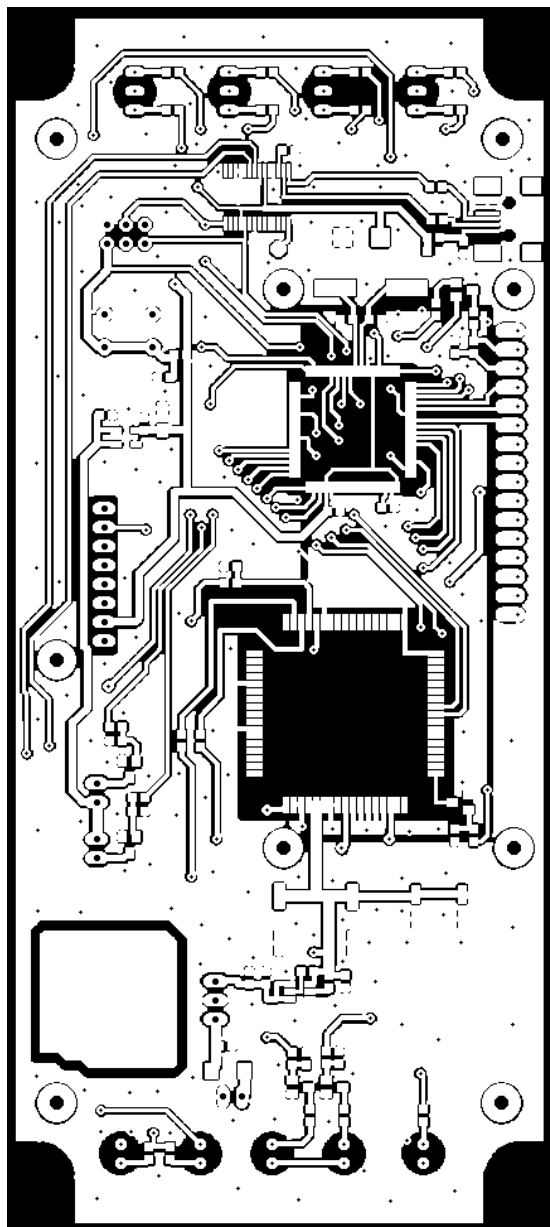


Rozměr desky 95 x 72 [mm], měřítko M1:1

## A.6 Obvodové zapojení centrální jednotky

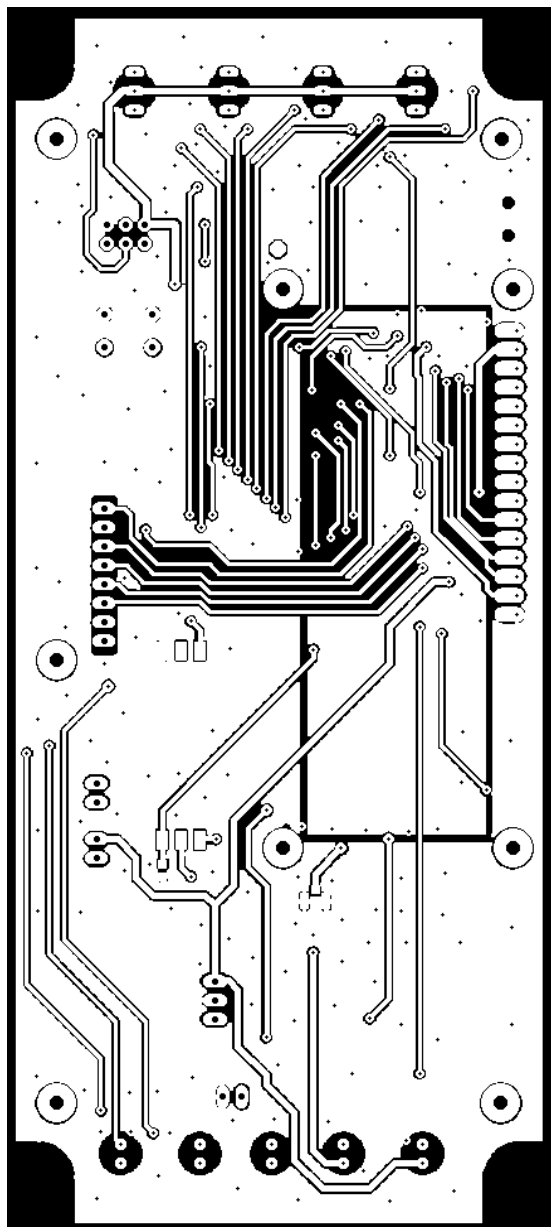


### A.7 Deska plošného spoje centrální jednotky – top (strana součástek)



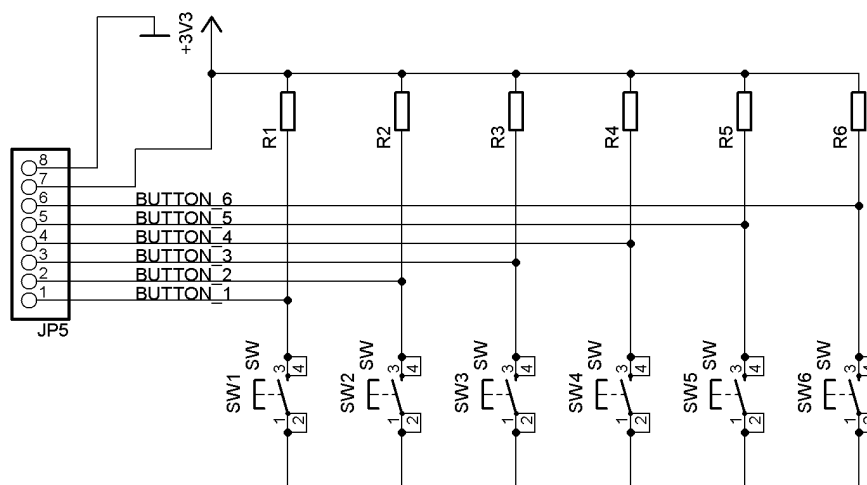
Rozměr desky 162 x 72 [mm], měřítko M1:1

### A.8 Deska plošného spoje centrální jednotky – bottom (strana spojů)

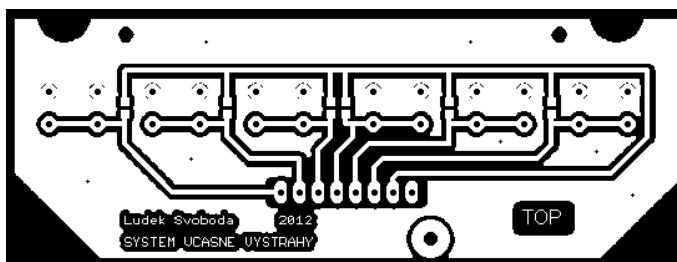


Rozměr desky 162 x 72 [mm], měřítko M1:1

## A.9 Obvodové zapojení klávesnice centrální jednotky

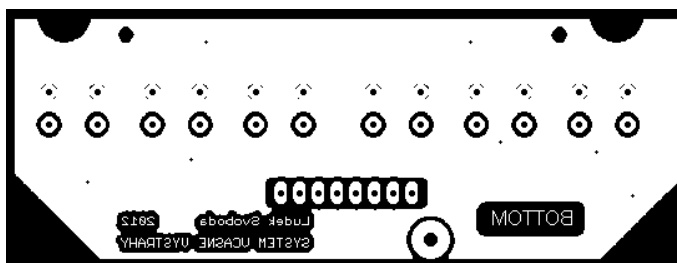


## A.10 Deska plošného spoje klávesnice centrální jednotky – top (strana součástek)



Rozměr desky 90 x 34 [mm], měřítko M1:1

## A.11 Deska plošného spoje klávesnice centrální jednotky – bottom (strana spojů)



Rozměr desky 90 x 34 [mm], měřítko M1:1



# B

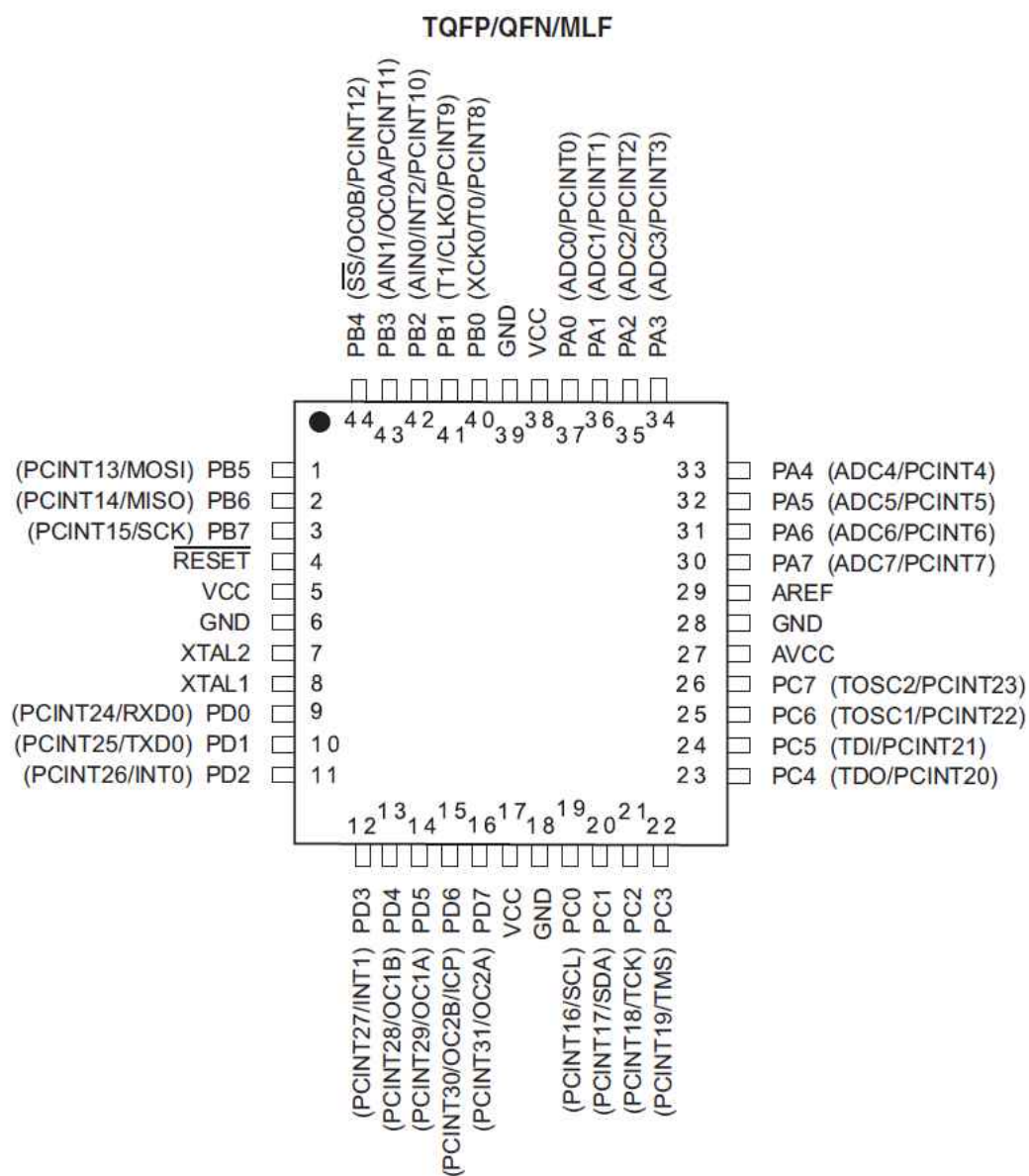
## B.1 Mapa znaků LCD[17]

| Upper<br>4 bit<br>Lower<br>4 bit |                  | LLLL | LLH | LLHL | LLHH | LHLL | LHLH | LHHL | LHHH | HLLL | HLLH | HLHL | HLHH | HHLL | HHLH | HHHL | HHHH |
|----------------------------------|------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| LLLL                             | CG<br>RAM<br>(1) | ±    |     | 0    | P    | '    | F    | G    | e    | a    | '    | r    | R    | 3    | v    |      |      |
| LLH                              | CG<br>RAM<br>(2) | ≡    | !   | 1    | A    | Q    | a    | 9    | C    | a    | 1    | '    | J    | +    | Y    | v    |      |
| LLHL                             | CG<br>RAM<br>(3) | 7    | "   | 2    | B    | R    | b    | r    | e    | B    | a    | '    | e    | e    | e    | e    |      |
| LLHH                             | CG<br>RAM<br>(4) | L    | #   | 3    | C    | S    | c    | s    | a    | a    | a    | '    | P    | "    | e    | v    |      |
| LHLL                             | CG<br>RAM<br>(5) | 7    | *   | 4    | D    | T    | t    | a    | t    | a    | a    | '    | a    | r    | Z    | v    |      |
| LHLH                             | CG<br>RAM<br>(6) | 7    | %   | 5    | E    | U    | e    | u    | b    | a    | e    | '    | a    | r    | a    | n    | #    |
| LHHL                             | CG<br>RAM<br>(7) | 7    | %   | 6    | F    | V    | f    | v    | a    | C    | a    | '    | u    | u    | e    | a    | #    |
| LHHH                             | CG<br>RAM<br>(8) | 7    | "   | 7    | G    | W    | w    | w    | S    | C    | a    | '    | x    | *    | A    | u    | #    |
| HLLL                             | CG<br>RAM<br>(1) | 7    | <   | 8    | H    | X    | h    | x    | e    | S    | a    | '    | +    | +    | B    | k    | #    |
| HLLH                             | CG<br>RAM<br>(2) | 7    | >   | 9    | I    | Y    | i    | y    | e    | O    | i    | '    | z    | r    | T    | A    | *    |
| HLHL                             | CG<br>RAM<br>(3) | %    | *   | #    | J    | Z    | j    | z    | e    | O    | a    | '    | z    | r    | T    | A    | #    |
| HLHH                             | CG<br>RAM<br>(4) | 7    | +   | #    | K    | C    | k    | c    | i    | a    | a    | '    | e    | L    | "    | v    | *    |
| HHLL                             | CG<br>RAM<br>(5) | ≡    | *   | <    | L    | \    | l    | l    | S    | N    | e    | '    | *    | L    | "    | Z    | O    |
| HHLH                             | CG<br>RAM<br>(6) | %    | -   | =    | M    | n    | m    | n    | i    | a    | a    | '    | *    | "    | V    | e    | #    |
| HHHL                             | CG<br>RAM<br>(7) | %    | .   | >    | N    | ^    | n    | ^    | a    | a    | a    | '    | V    | a    | a    | O    | #    |
| HHHH                             | CG<br>RAM<br>(8) | %    | /   | ?    | O    | _    | o    | w    | a    | a    | a    | '    | a    | a    | a    | a    | #    |

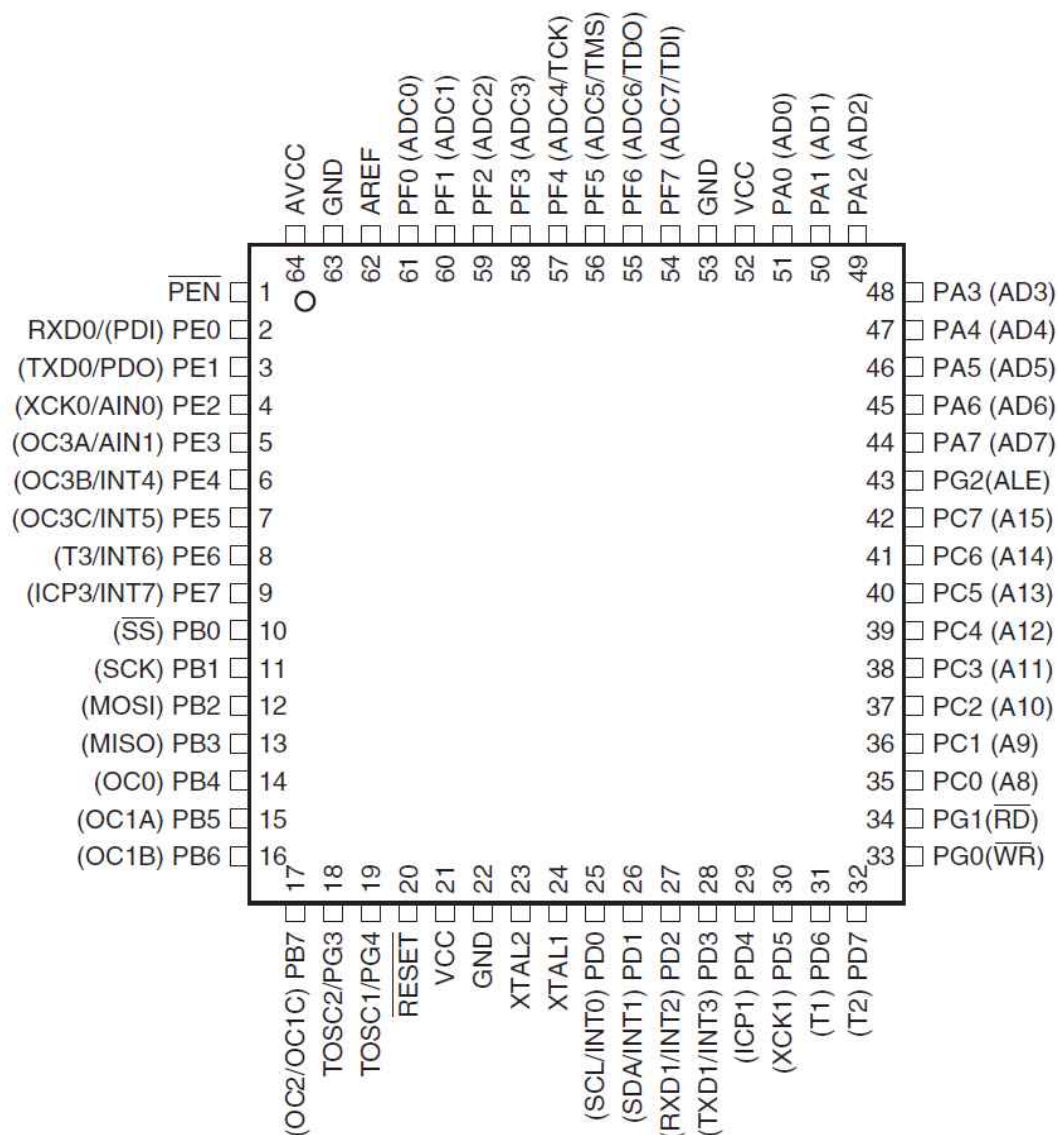
## B.2 Instrukční sada LCD[17]

| Instruction                | Instruction Code |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Description  | Execution time<br>(fosc=270Khz) |
|----------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|---------------------------------|
|                            | RS               | R/W | DB7 | DB6 | DB5 | DB4 | DB3 | DB2 | DB1 | DB0 |  |                                 |
| Clear Display              | 0                | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | Write "00H" to DDRAM and set DDRAM address to "00H" from AC  | 1.53ms                          |
| Return Home                | 0                | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | —   | Set DDRAM address to "00H" from AC and return cursor to its original position if shifted. The contents of DDRAM are not changed.   | 1.53ms                          |
| Entry Mode Set             | 0                | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | I/D | SH  | Assign cursor moving direction and enable the shift of entire display.   | 39μs                            |
| Display ON/OFF Control     | 0                | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | D   | C   | B   | Set display (D), cursor (C), and blinking of cursor (B) on/off control bit.  | 39μs                            |
| Cursor or Display Shift    | 0                | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | S/C | R/L | —   | —   | Set cursor moving and display shift control bit, and the direction, without changing of DDRAM data.                                | 39μs                            |
| Function Set               | 0                | 0   | 0   | 0   | 1   | DL  | N   | F   | —   | —   | Set interface data length (DL:8-bit/4-bit), numbers of display line (N:2-line/1-line)and, display font type (F:5×11 dots/5×8 dots) | 39μs                            |
| Set CGRAM Address          | 0                | 0   | 0   | 1   | AC5 | AC4 | AC3 | AC2 | AC1 | AC0 | Set CGRAM address in address counter.  | 39μs                            |
| Set DDRAM Address          | 0                | 0   | 1   | AC6 | AC5 | AC4 | AC3 | AC2 | AC1 | AC0 | Set DDRAM address in address counter.  | 39μs                            |
| Read Busy Flag and Address | 0                | 1   | BF  | AC6 | AC5 | AC4 | AC3 | AC2 | AC1 | AC0 | Whether during internal operation or not can be known by reading BF. The contents of address counter can also be read.             | 0μs                             |
| Write Data to RAM          | 1                | 0   | D7  | D6  | D5  | D4  | D3  | D2  | D1  | D0  | Write data into internal RAM (DDRAM/CGRAM).  | 43μs                            |
| Read Data from RAM         | 1                | 1   | D7  | D6  | D5  | D4  | D3  | D2  | D1  | D0  | Read data from internal RAM (DDRAM/CGRAM).   | 43μs                            |

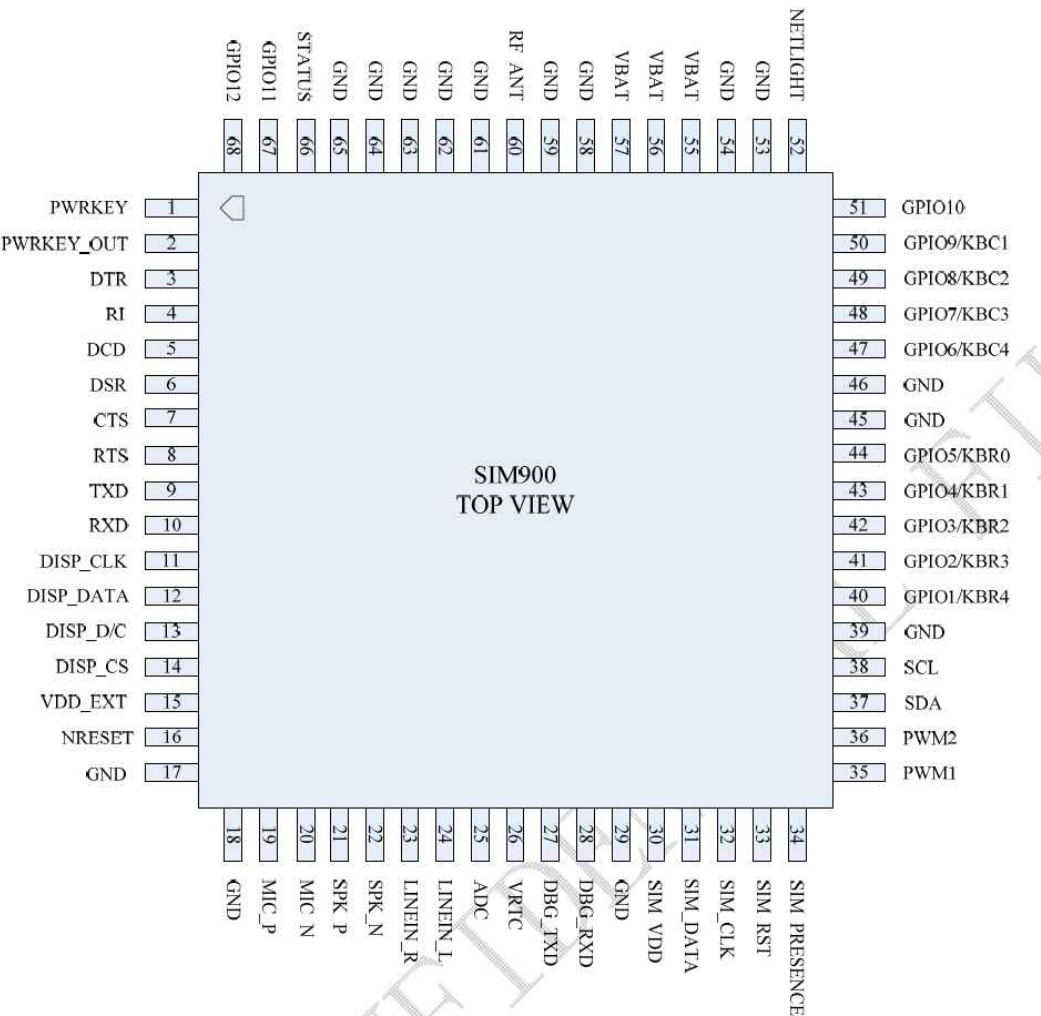
### B.3 Rozmístění pinů procesoru Atmega644[5]



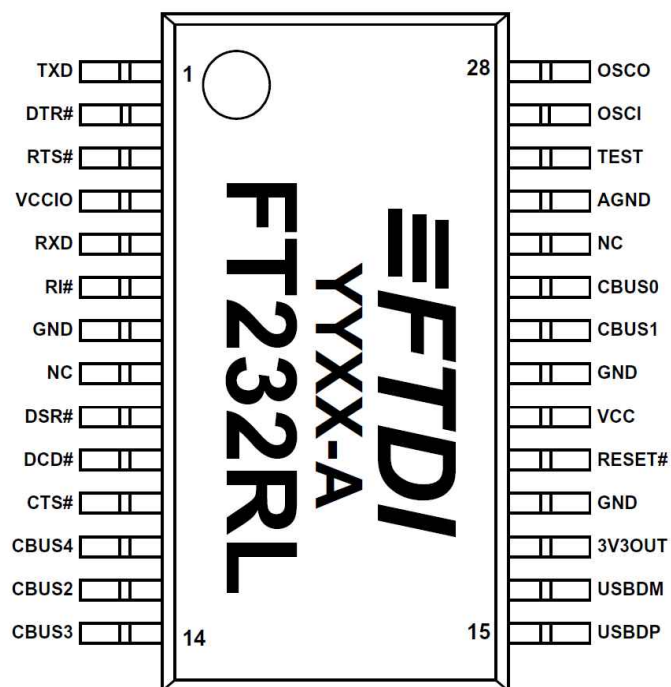
## B.4 Rozmístění pinů procesoru Atmega128[10]



## B.5 Rozmístění pinů GSM modulu SIM900[14]



## B.6 Rozmístění pinů obvodu FT232R[19]





## C SEZNAM SOUČÁSTEK

### C.1 Seznam součástek varovné jednotky

| Označení | Hodnota         | Pouzdro           |
|----------|-----------------|-------------------|
| +5V      | PINHD-1X1       | 1X01              |
| C1       | none            | C0603             |
| C5       | none            | C0603             |
| C6       | none            | C0603             |
| C7       | 100n            | C0603             |
| C8       | 100nF           | C0603             |
| C9       | 22pF            | C0603             |
| C10      | none            | C0603             |
| C11      | none            | C0603             |
| C12      | 100nF           | C0603             |
| C13      | CPOL-EUUD-5X5,8 | UD-5X5,8_NICHICON |
| C14      | 100uF           | CPOL-EUUD-5X5,8   |
| C15      | 1uF             | C0805             |
| C17      | CPOL-EUUD-8X10  | UD-8X10_NICHICON  |
| C18      | CPOL-EUUD-8X10  | UD-8X10_NICHICON  |
| CON1     | U.FL-R_SMT      | U.FL-R_SMT        |
| IC1      | ATMEGA644A      | ATMEGA644A        |
| IC3      | SIM900          | SIM900            |
| JP1      | PINHD-1X5       | 1X05              |
| JP2      | ISP             | PINHD-2X3         |
| JP3      | PINHD-1X2       | 1X02              |
| JP5      | C1              | PINHD-1X2         |
| JP6      | C2              | PINHD-1X2         |
| JP7      | C3              | PINHD-1X2         |

|      |               |             |
|------|---------------|-------------|
| LED1 | STATUS        | LED0805     |
| LED2 | NET           | LED0805     |
| LED3 | MCU           | LED0805     |
| Q1   | CRYSTALHC49UP | HC49UP      |
| Q    | 32768         | Hz          |
| Q3   | BC817-25SMD   | BC817-25SMD |
| Q4   | BC817-25SMD   | BC817-25SMD |
| Q5   | BC817-25SMD   | BC817-25SMD |
| R1   | 10k           | R0603       |
| R2   | 22R           | R0603       |
| R3   | 22R           | R0603       |
| R4   | 22R           | R0603       |
| R5   | 100k          | R0603       |
| R6   | 100k          | R0603       |
| R7   | 4k7           | R0603       |
| R8   | 47k           | R0603       |
| R9   | 4k7           | R0603       |
| R10  | 47k           | R0603       |
| R11  | 4k7           | R0603       |
| R12  | 47k           | R0603       |
| R13  | 330R          | R0603       |
| R14  | 330R          | R0603       |
| R15  | 470k          | R0603       |
| R16  | 470k          | R0603       |
| R17  | 470k          | R0603       |
| R18  | 470k          | R0603       |
| R19  | 470k          | R0603       |
| R20  | 330R          | R0603       |
| S1   | DS02          | DS-02       |
| S2   | DS02          | DS-02       |



|       |              |              |
|-------|--------------|--------------|
| SW1   | SW           | SW           |
| X1    | GSM-SIM-LOCK | GSM-SIM_LOCK |
| +5V   | PINHD-1X1    | 1X01         |
| BATT  | PINHD-1X1    | 1X01         |
| C10   | 1uF          | C0603        |
| C11   | 1uF          | C0603        |
| C19   | 22uF/15V     | CPOL-EUSMCA  |
| C22   | 1uF          | C0603        |
| C23   | 2,2uF        | 0            |
| C24   | 10nF         | C0603        |
| IC4   | MCP1801-3.3  | MCP1018      |
| JP1   | PINHD-1X5    | 1X05         |
| R27   | 10k          | R0603        |
| U\$25 | AS1363-45    | AS1363-4     |

## C.2 Seznam součástek centrální jednotky

| Označení | Hodnota         | Pouzdro           |
|----------|-----------------|-------------------|
| C1       | none            | C0603             |
| C2       | 100n            | C0603             |
| C3       | 100n            | C0603             |
| C5       | none            | C0603             |
| C6       | none            | C0603             |
| C7       | 100n            | C0603             |
| C8       | 100nF           | C0603             |
| C9       | 22pF            | C0603             |
| C10      | 1uF             | C0603             |
| C11      | 1uF             | C0603             |
| C12      | 100nF           | C0603             |
| C13      | CPOL-EUUD-5X5,8 | UD-5X5,8_NICHICON |

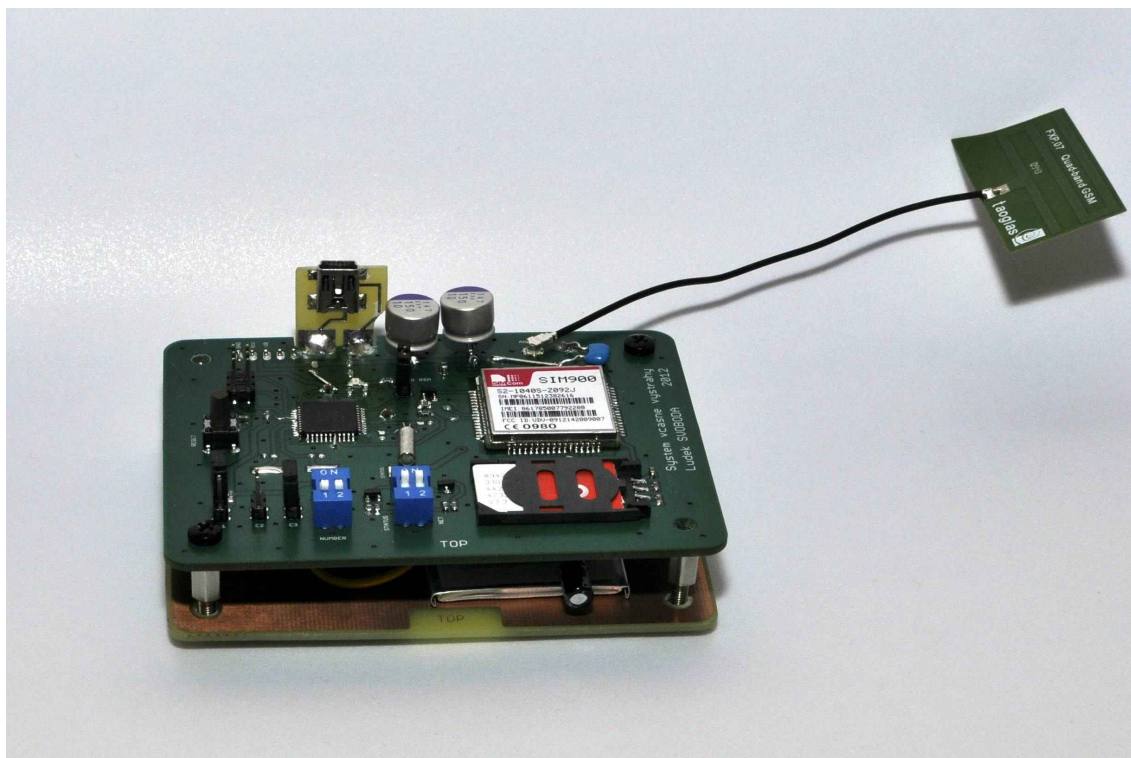
|       |                |                  |
|-------|----------------|------------------|
| C14   | 100uF          | CPOL-EUUD-5X5,8  |
| C16   | 0,33uF         | C0603            |
| C17   | CPOL-EUUD-8X10 | UD-8X10_NICHICON |
| C18   | CPOL-EUUD-8X10 | UD-8X10_NICHICON |
| C19   | 22uF/15V       | CPOL-EUSMCA      |
| C20   | 4u7            | CPOL-EUSMCC      |
| C21   | 0,1uF          | C0603            |
| C22   | 1uF            | C0603            |
| C23   | 2,2uF          | 0                |
| C24   | 10nF           | C0603            |
| C25   | 10n            | C0603            |
| CBUS3 | PINHD-1X1      | 1X01             |
| CON1  | U.FL-R_SMT     | U.FL-R_SMT       |
| D1    | D-SOD106       | SOD106           |
| IC1   | FT232RL        | FT232RL          |
| IC2   | MEGA128-A      | MEGA128-A        |
| IC3   | SIM900         | SIM900           |
| IC4   | MCP1801-3.3    | MCP1018          |
| IC5   | 7805           | 7805             |
| JP1   | 7-20V          | PINHD-1X2        |
| JP2   | ISP            | PINHD-2X3        |
| JP3   | PIEZO          | PINHD-1X2        |
| JP4   | RELE           | PINHD-1X2        |
| JP5   | PINHD-1X8      | 1X08             |
| L1    | 10uH           | L0603            |
| LD1   | DUOLED-RG-A    | DUOLED-A-5MM     |
| LD2   | DUOLED-RG-A    | DUOLED-A-5MM     |
| LD3   | DUOLED-RG-A    | DUOLED-A-5MM     |
| LD4   | DUOLED-RG-A    | DUOLED-A-5MM     |
| LED1  | STATUS         | LED3MM           |

|      |               |             |
|------|---------------|-------------|
| LED2 | NET           | LED3MM      |
| LED3 | TX            | LED3MM      |
| LED4 | RX            | LED3MM      |
| LED5 | MCU_STATUS    | LED3MM      |
| Q1   | CRYSTALHC49UP | HC49UP      |
| Q2   | BC817-25SMD   | BC817-25SMD |
| Q3   | BC817-25SMD   | BC817-25SMD |
| Q4   | BC817-25SMD   | BC817-25SMD |
| Q5   | BC817-25SMD   | BC817-25SMD |
| Q6   | BC817-25SMD   | BC817-25SMD |
| Q7   | BC817-25SMD   | BC817-25SMD |
| R1   | 10k           | R0603       |
| R2   | 22R           | R0603       |
| R3   | 22R           | R0603       |
| R4   | 22R           | R0603       |
| R5   | 330R          | R0603       |
| R6   | 330R          | R0603       |
| R7   | 4k7           | R0603       |
| R8   | 47k           | R0603       |
| R9   | 4k7           | R0603       |
| R10  | 47k           | R0603       |
| R11  | 4k7           | R0603       |
| R12  | 47k           | R0603       |
| R13  | 330R          | R0603       |
| R14  | 330R          | R0603       |
| R15  | 330R          | R0603       |
| R16  | 330R          | R0603       |
| R17  | 330R          | R0603       |
| R18  | 330R          | R0603       |
| R19  | 330R          | R0603       |

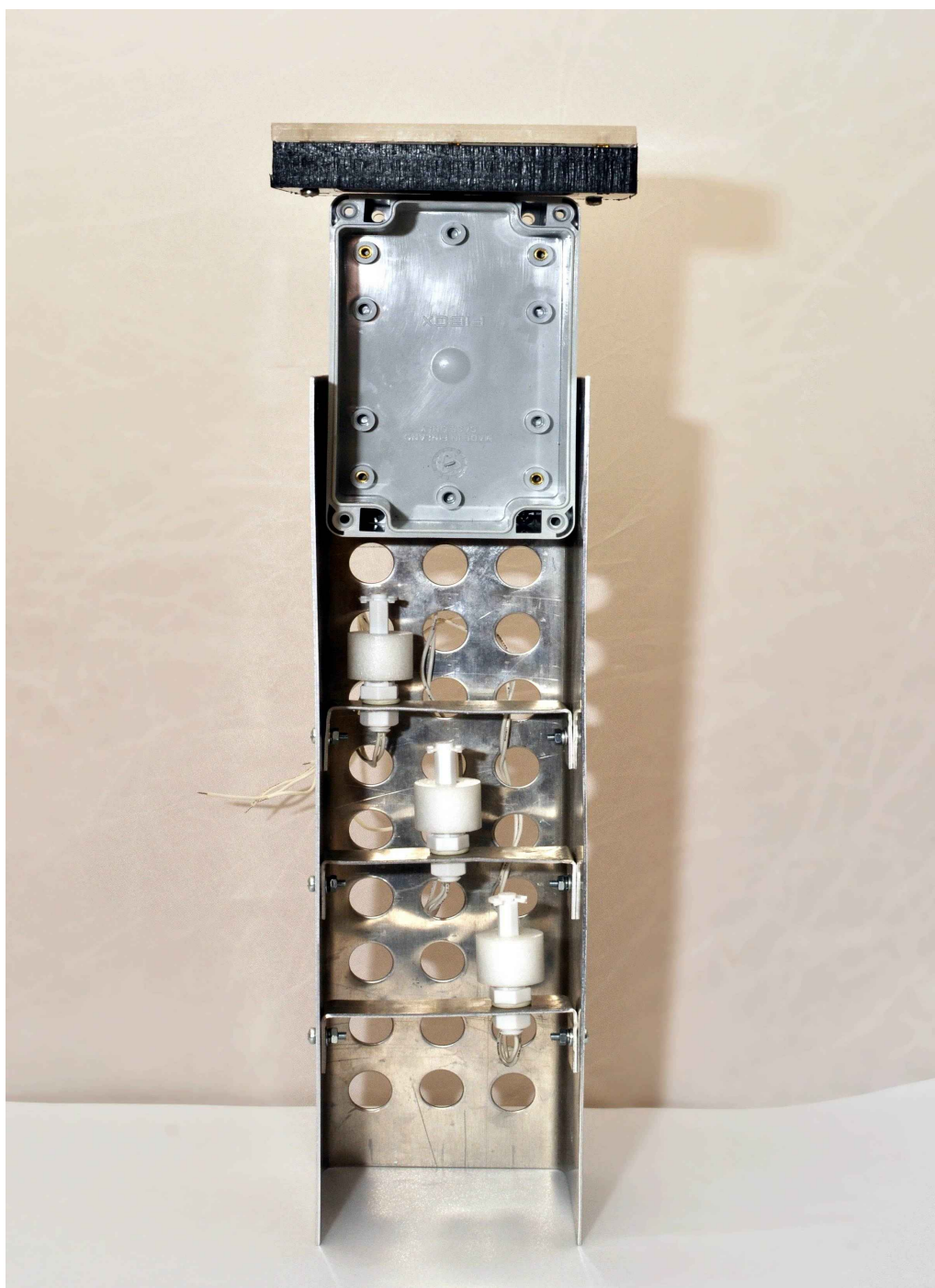
|       |                    |                    |
|-------|--------------------|--------------------|
| R20   | 330R               | R0603              |
| R21   | 4k7                | R0603              |
| R22   | 47k                | R0603              |
| R23   | 4k7                | R0603              |
| R24   | 47k                | R0603              |
| R25   | 27R                | R0603              |
| R26   | 27R                | R0603              |
| R27   | 10k                | R0603              |
| R28   | 1k                 | R0603              |
| R29   | 330R               | R0603              |
| R30   | 16k                | R0603              |
| R31   | 1k5                | R0603              |
| R32   | 270R               | R0603              |
| R33   | 270R               | R0603              |
| R34   | 330R               | R0603              |
| SW1   | SW                 | SW                 |
| U\$20 | LCD16X2            | LCD16X2            |
| U\$25 | AS1363-45          | AS1363-45          |
| X1    | GSM-SIM-LOCK       | GSM-SIM_LOCK       |
| X2    | MINI-USB-32005-301 | MINI-USB-32005-301 |

## D FOTOGRAFIE

### D.1 Fotografie řídicí a napájecí části varovné jednotky



## D.2 Rozmístění součástí varovné měřicí jednotky



### D.3 Sestavená centrální jednotka

